



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Industrial

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

**Aplicación de la metodología Six Sigma para reducir la
merma de Scrap en el proceso de fabricación de sacos
de polipropileno**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniera Industrial

AUTOR

Lyz Katherine MALLQUI CRISANTE

ASESOR

Ana María MEDINA ESCUDERO

Lima, Perú

2018

DEDICATORIA

A Dios, por haberme iluminado en este camino, brindarme la salud y la fortaleza para lograr mis objetivos propuestos.

A mis padres Gloria y José, por su apoyo incondicional y motivación constante, para ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mis abuelos y hermanos, por ser mi inspiración de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A mi asesora, Ing. Ana Medina, por su contribución y valiosa recomendación durante el desarrollo del presente estudio.

A mis profesores de toda la carrera, por brindarme los conocimientos y compartir sus experiencias en las clases.

Al equipo de trabajo de la empresa, en especial a los responsables del área de producción, calidad y diseño desarrollo en estudio, quienes me apoyaron, asesoraron y brindaron las facilidades del caso, para realizar el presente estudio

Por último, a todas las personas que me apoyaron y participaron directa o indirectamente en la elaboración del presente estudio.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPÍTULO 1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Descripción de la realidad del problema.....	1
1.2. Definición del problema.....	2
1.2.1. Problema General.....	2
1.2.2. Problemas Específicos	2
1.3. Justificación e importancia de la investigación	2
1.3.1. Justificación Teórica	2
1.3.2. Justificación Práctica	3
1.3.3. Justificación Metodológica.....	3
1.4. Objetivos de la investigación	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos	4
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.2. Bases teóricas.....	9
2.2.1. Antecedentes y origen de la metodología Six Sigma.....	9
2.2.2. Definiciones de Six Sigma	12
2.2.3. Principios de Six sigma	13
2.2.4. Estructura directiva de Six Sigma.....	17
2.2.5. Metodologías para la implementación de Six Sigma	18
2.2.6. Metodología DMAIC	19
2.2.6.1. Fase Definir (D):	19
2.2.6.2. Fase Medir (M):	21
2.2.6.3. Fase Analizar (A):.....	23
2.2.6.4. Fase Mejorar (I):	26
2.2.6.5. Fase Controlar (C):.....	27
2.2.7. Implementación Six Sigma	27
2.2.8. Software para Six Sigma	28
2.3. Glosario de términos	29
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	32

3.1.	Formulación de Hipótesis.....	32
3.1.1.	<i>Hipótesis General</i>	32
3.1.2.	<i>Hipótesis Específicas</i>	32
3.1.3.	<i>Variables</i>	32
3.2.	Diseño de la Investigación	33
3.2.1.	<i>Tipo de Investigación</i>	33
3.2.2.	<i>Nivel de Investigación</i>	33
3.2.3.	<i>Diseño de la Investigación</i>	34
3.2.4.	<i>Población y Muestra</i>	34
3.2.5.	<i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</i>	35
3.2.6.	<i>Técnicas de procesamiento y análisis de datos</i>	35
	CAPÍTULO 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	36
4.1.	Descripción de la empresa	36
4.2.	Diagnóstico de la empresa	37
4.3.	Aplicación de la metodología Six Sigma.....	39
4.4.	Desarrollo de la fase DEFINIR.....	39
4.4.1.	<i>Los clientes</i>	39
4.4.2.	<i>Los productos</i>	40
4.4.3.	<i>Mapa de macro proceso</i>	41
4.4.4.	<i>Indicadores de ineficiencia (calidad)</i>	42
4.4.5.	<i>Project Charter o carta de proyecto</i>	45
4.5.	Desarrollo de la fase MEDIR	46
4.5.1.	<i>Diagrama de flujo</i>	47
4.5.2.	<i>Selección de los procesos a mejorar – Diagrama de Pareto</i>	48
4.5.3.	<i>Diagrama SIPOC</i>	51
4.5.4.	<i>Selección de orígenes de merma a solucionar – Diagrama de Pareto</i>	54
4.5.5.	<i>Variables de control en los procesos de extrusión y telares</i>	55
4.5.6.	<i>Validación del sistema de medición</i>	56
4.5.6.1.	<i>Estudio de R&R del proceso de extrusión</i>	57
4.5.6.2.	<i>Estudio de R&R del proceso de telares</i>	71
4.5.7.	<i>Estabilidad del proceso</i>	77
4.5.7.1.	<i>Estabilidad del proceso de extrusión</i>	78
4.5.7.2.	<i>Estabilidad del proceso de telares</i>	90
4.5.8.	<i>Desempeño del proceso</i>	93
4.5.8.1.	<i>Desempeño del proceso de extrusión</i>	93
	<i>Indicador OEE</i>	93
	<i>Rendimiento (Y) y nivel sigma</i>	94
	<i>Capacidad del proceso</i>	95
4.5.8.2.	<i>Desempeño del proceso de telares</i>	104
	<i>Indicador OEE</i>	104
	<i>Rendimiento (Y) y nivel sigma</i>	105
	<i>Capacidad del proceso</i>	106
4.6.	Desarrollo de la fase ANALIZAR	108
4.6.1.	<i>Diagrama de flujo a detalle</i>	109
4.6.2.	<i>Diagrama de Ishikawa (o de causa-efecto)</i>	110
4.6.3.	<i>Análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF)</i>	113
4.6.4.	<i>Prueba de hipótesis</i>	120

4.6.4.1.	Proceso de extrusión	120
4.6.4.2.	Proceso de Telares.....	124
4.7.	Desarrollo de la fase MEJORAR	127
4.7.1.	Plan de mejoras.....	128
4.7.1.1.	Plan de capacitación al personal.....	128
4.7.1.2.	Elaboración y actualización de los instructivos y procedimientos de trabajo.....	132
4.7.2.	AMEF Mejorado.....	143
4.8.	Desarrollo de la fase CONTROLAR	149
4.8.1.	Proceso de extrusión	149
	Gráfica de control	149
	Capacidad de proceso.....	155
	Rendimiento y nivel six sigma	161
4.8.2.	Proceso de telares.....	162
	Gráfica de control	162
	Capacidad de proceso.....	163
	Rendimiento y nivel six sigma	164
4.8.3.	Cierre y difusión del proyecto	165
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		172
5.1.	Conclusiones.....	172
5.2.	Recomendaciones	174
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		175
ANEXOS		180
Anexo N° 1. Matriz de consistencia		180
Anexo N° 2. Flujo de actividades generales desde la recepción del pedido hasta la entrega del mismo al cliente		181
Anexo N° 3. Organigrama de la Planta Lurín 1		182
Anexo N° 4. Distribución de Planta Lurín1		183
Anexo N° 5. Fotos del programa “Aprende con La Empresa”		184
Anexo N° 6. Disponibilidad de documentos del proceso en parante metálico		185
Anexo N° 7. Molde metálico para comparación de canillas.....		186
Anexo N° 8. Partes principales de la extrusora, desde que ingresa la mezcla hasta que sale la mezcla fundida por el cabezal.		187
Anexo N° 9. Hoja técnica de materia prima proporcionado por el proveedor (ejemplo: polipropileno Petroquim – código PH 0322)		188

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Clasificación del sector y actividad económica de la empresa en estudio	36
Cuadro 2: Espacio físico de las áreas de la sede Lurín 1.....	36
Cuadro 3: Espacio físico de las áreas de la sede Lurín 1.....	37
Cuadro 4: Principales clientes por cada sector.....	39
Cuadro 5: Project Charter del proyecto.....	46
Cuadro 6: Merma de scrap (toneladas) por proceso del primer semestre del 2017	48
Cuadro 7: Descripción de los principales insumos	52
Cuadro 8: Merma de scrap por tipo de origen (en toneladas) y proceso del primer semestre 2017.	54
Cuadro 9: Tipo de pruebas que se realiza en el proceso de extrusión.	56
Cuadro 10: Medición del denier a 24 bobinas, por tres inspectores de calidad.	57
Cuadro 11: Criterios de aceptabilidad para el número de categorías distinguibles.....	59
Cuadro 12: Medición de la resistencia a 24 bobinas, por tres inspectores de calidad	61
Cuadro 13: Medición de la elongación a 24 bobinas, por tres inspectores de calidad.....	64
Cuadro 14: Medición de la tenacidad a 24 bobinas, por tres inspectores de calidad.....	67
Cuadro 15: Resultado de la validación del sistema de medición en el proceso de extrusión	70
Cuadro 16: Medición del ancho a 10 telares, por tres inspectores de calidad	71
Cuadro 17: Medición del gramaje a 10 telares, por tres inspectores de calidad	74
Cuadro 18: Resultado de la validación del sistema de medición en el proceso de telares	77
Cuadro 19: Medición del denier a bobinas producidas en la extrusora Lohia.	79
Cuadro 20: Medición del denier a bobinas producidas en la extrusora Starex.	79
Cuadro 21: Medición del denier a bobinas producidas en la extrusora Axisplast.	80
Cuadro 22: Medición de la elongación, tenacidad y resistencia de la extrusora Lohia.	82
Cuadro 23: Medición de la elongación, tenacidad y resistencia de la extrusora Starex.....	83
Cuadro 24: Medición de la elongación, tenacidad y resistencia de la extrusora Axisplast.	84
Cuadro 25: Resumen de la estabilidad del proceso de extrusión.....	90
Cuadro 26: Medición del ancho y gramaje de las muestras tomadas.	90
Cuadro 27: Resumen de la estabilidad del proceso de telares.	92
Cuadro 28: Producción de rafia conforme y merma de scrap (rafia no conforme).....	94
Cuadro 29: Indicadores base para el proceso de extrusión	104
Cuadro 30: Producción de mangas y merma de scrap en telares	105
Cuadro 31: Indicadores base para el proceso de telares	108
Cuadro 32: Criterios de valoración del factor severidad	114
Cuadro 33: Criterios de valoración del factor ocurrencia.....	114
Cuadro 34: Criterios de valoración del factor detección	114
Cuadro 35: AMEF para el proceso de extrusión	115
Cuadro 36: AMEF para el proceso de telares.....	118
Cuadro 37: Medición del denier, elongación y tenacidad, antes y después de la implementación de las acciones de mejora en el proceso de extrusión, en la extrusora Lohia.	121
Cuadro 38: Medición del ancho y gramaje, antes y después de la implementación de las acciones de mejora en el proceso de telares.	125
Cuadro 39: Carta de proyecto “Aprende con La Empresa”.	129
Cuadro 40: Total de horas de capacitación por operario.	131
Cuadro 41: Presupuesto inicial del proyecto “Aprende con la empresa”.....	131
Cuadro 42: Distribución de zonas de cada extrusora.	133
Cuadro 43: AMEF mejorado para el proceso de extrusión	144
Cuadro 44: AMEF mejorado para el proceso de telares.....	147
Cuadro 45: Producción de rafia conforme y merma de scrap (rafia no conforme).....	161
Cuadro 46: Producción de mangas y merma de scrap en telares	164
Cuadro 47: Cronograma inicial del proyecto.	166
Cuadro 48: Cuadro comparativo de los resultados antes y después de la implementación de las acciones de mejora en la extrusora Lohia.	167
Cuadro 49: Cuadro comparativo de los resultados antes y después de la implementación de las acciones de mejora en la extrusora Starex.	167
Cuadro 50: Cuadro comparativo de los resultados antes y después de la implementación de las acciones de mejora en la extrusora Axisplast.....	168
Cuadro 51: Cuadro comparativo de los resultados antes y después de la implementación de las acciones de mejora en el proceso de telares.....	168

Cuadro 52: Cuadro comparativo del rendimiento y nivel sigma del proceso de extrusión y telares.
..... 169

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura directiva de Six Sigma	18
Figura 2: Nivel sigma y desviación estándar	30
Figura 3: Dispersión (desviación estándar) de tres muestras	31
Figura 4: Ineficiencias (toneladas) del 2015 al 2017	38
Figura 5: Ineficiencias (porcentaje) del 2015 al 2017	38
Figura 6: Mapa de macro procesos de la empresa en estudio	41
Figura 7: Fórmula del porcentaje de merma de scrap	42
Figura 8: Obtención del indicador de % Segunda	42
Figura 9: Obtención del indicador de % Sobrepeso	43
Figura 10: Ineficiencia general vs merma de scrap (%) de enero-junio del 2017	43
Figura 11: Informe del análisis de correlación con nivel de significancia de 0.05 entre el indicador de ineficiencia general y merma de scrap	44
Figura 12: Diagrama de flujo del macro proceso de producción	47
Figura 13: Diagrama de Pareto de mermas de scrap por proceso	48
Figura 14: Mapeo de procesos	49
Figura 15: Proceso de extrusión	50
Figura 16: Proceso de telares	51
Figura 17: SIPOC del proceso de extrusión	53
Figura 18: SIPOC del proceso de telares	53
Figura 19: Diagrama de Pareto para la identificación de los defectos principales de extrusión y telares	55
Figura 20: Informe estadístico del estudio de R&R del sistema de medición del denier	58
Figura 21: Reporte gráfico del estudio de R&R del sistema de medición del denier	60
Figura 22: Informe estadístico del estudio de R&R del sistema de medición de la resistencia	62
Figura 23: Reporte gráfico del estudio de R&R del sistema de medición de la resistencia	63
Figura 24: Informe estadístico del estudio de R&R del sistema de medición de la elongación	65
Figura 25: Reporte gráfico del estudio de R&R del sistema de medición de la elongación	66
Figura 26: Informe estadístico del estudio de R&R del sistema de medición de la tenacidad	68
Figura 27: Reporte gráfico del Estudio de R&R del sistema de medición de la tenacidad	69
Figura 28: Informe estadístico del estudio de R&R del sistema de medición para el ancho	72
Figura 29: Reporte gráfico del estudio de R&R del sistema de medición para el ancho	73
Figura 30: Informe estadístico del estudio de R&R del sistema de medición del gramaje	75
Figura 31: Reporte gráfico del estudio de R&R del sistema de medición para el gramaje	76
Figura 32: Gráfico de control del denier producido en la extrusora Lohia	80
Figura 33: Gráfico de control del denier producido en la extrusora Starex	81
Figura 34: Gráfico de control del denier producido en la extrusora Axisplast	81
Figura 35: Gráfico de control de la elongación producido en la extrusora Lohia	85
Figura 36: Gráfico de control de la tenacidad producido en la extrusora Lohia	85
Figura 37: Gráfico de control de la resistencia producido en la extrusora Lohia	86
Figura 38: Gráfico de control de la elongación producido en la extrusora Starex	86
Figura 39: Gráfico de control de la tenacidad producido en la extrusora Starex	87
Figura 40: Gráfico de control de la resistencia producido en la extrusora Starex	87
Figura 41: Gráfico de control de la elongación producido en la extrusora Axisplast	88
Figura 42: Gráfico de control de la tenacidad producido en la extrusora Axisplast	88
Figura 43: Gráfico de control de la resistencia producido en la extrusora Axisplast	89
Figura 44: Gráfico de control del ancho del proceso de telares	91
Figura 45: Gráfico de control del gramaje del proceso de telares	92
Figura 46: Indicador OEE del proceso de extrusión - enero a junio del 2017	93
Figura 47: Informe de capacidad para el denier en la extrusora Lohia	95
Figura 48: Informe de capacidad para la elongación en la extrusora Lohia	96
Figura 49: Informe de capacidad para la tenacidad en la extrusora Lohia	97
Figura 50: Informe de capacidad para el denier en la extrusora Starex	98
Figura 51: Informe de capacidad para la elongación en la extrusora Starex	99
Figura 52: Informe de capacidad para la tenacidad en la extrusora Starex	100
Figura 53: Informe de capacidad para el denier en la extrusora Axisplast	101
Figura 54: Informe de capacidad para la elongación en la extrusora Axisplast	102
Figura 55: Informe de capacidad para la tenacidad en la extrusora Axisplast	103
Figura 56: Indicador OEE del proceso de telares de enero a junio del 2017	104

Figura 57: Informe de capacidad para el ancho de tela.....	106
Figura 58: Informe de capacidad para el gramaje de tela	107
Figura 59: Diagrama de flujo a detalle del proceso de extrusión	109
Figura 60: Diagrama de flujo a detalle del proceso de telares.....	110
Figura 61: Diagrama de causa-efecto de la merma de scrap originado en el proceso de extrusión	111
Figura 62: Diagrama de causa-efecto de la merma de scrap originado en el proceso de telares	112
Figura 63: Descripción de los módulos de capacitación	130
Figura 64: Melt flow index (MFI) o índice de fluidez del polipropileno (PP) utilizado desde enero a julio de 2017	134
Figura 65: Especificación técnica de perfiles de temperatura para la extrusora Axisplast.....	136
Figura 66: Especificación técnica de perfiles de temperatura para la extrusora Lohia	137
Figura 67: Especificación técnica de perfiles de temperatura para la extrusora Starex	138
Figura 68: Cartilla de operatividad de cambio de guía cinta	140
Figura 69: Cartilla de jalado de cintas	141
Figura 70: Cartilla de pasado de cintas.....	143
Figura 71: Tamaño adecuado de las canillas	143
Figura 72: Gráficas de control del denier, antes y después de la implementación	150
Figura 73: Gráficas de control de la elongación, antes y después de la implementación	151
Figura 74: Gráficas de control de la tenacidad, antes y después de la implementación	151
Figura 75: Gráficas de control del denier, antes y después de la implementación	152
Figura 76: Gráficas de control de la elongación, antes y después de la implementación	152
Figura 77: Gráficas de control de la tenacidad, antes y después de la implementación	153
Figura 78: Gráficas de control del denier, antes y después de la implementación	153
Figura 79: Gráficas de control de la elongación, antes y después de la implementación	154
Figura 80: Gráficas de control de la tenacidad, antes y después de la implementación	154
Figura 81: Comparación de la capacidad del denier, antes y después de la implementación	155
Figura 82: Comparación de la capacidad de la elongación, antes y después de la implementación	156
Figura 83: Comparación de la capacidad de la tenacidad, antes y después de la implementación	156
Figura 84: Comparación de la capacidad del denier, antes y después de la implementación	157
Figura 85: Comparación de la capacidad de la elongación, antes y después de la implementación	158
Figura 86: Comparación de la capacidad de la tenacidad, antes y después de la implementación	158
Figura 87: Comparación de la capacidad del denier, antes y después de la implementación	159
Figura 88: Comparación de la capacidad de la elongación, antes y después de la implementación	160
Figura 89: Comparación de la capacidad de la tenacidad, antes y después de la implementación	160
Figura 90: Gráficas de control del ancho, antes y después de la implementación.....	162
Figura 91: Gráficas de control del gramaje, antes y después de la implementación	162
Figura 92: Comparación de la capacidad del ancho, antes y después de la implementación	163
Figura 93: Comparación de la capacidad del gramaje, antes y después de la implementación ...	164
Figura 94: Ineficiencias (toneladas) del 2015 al 2018.....	170
Figura 95: Ineficiencias (porcentaje) del 2015 al 2018	170

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolla en una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de plásticos, en la línea de sacos de polipropileno. En el diagnóstico se observa una gran dificultad para disminuir el porcentaje de merma de scrap; en el año 2016 se obtuvo 5.5% y en el primer semestre del 2017, 5%; siendo sólo una mejora del 0.5%. En ese sentido, se propone implementar la metodología Six Sigma como estrategia de mejora continua, la cual se desarrolla en cinco fases: definir, medir, analizar, mejorar y controlar (DMAIC).

El tipo de investigación es aplicada y hace una referencia al nivel descriptivo – explicativo.

Luego de la implementación de la metodología Six Sigma, se concluye que el 85% de la merma de scrap se generan en los procesos de extrusión y telares, por lo cual, la estrategia Six Sigma se implementó en cada proceso, dando como resultado la disminución del porcentaje de merma de scrap, en el segundo semestre de 2017 fue de 3.8% y en el primer semestre de 2018 fue de 3.7%, logrando un ahorro de 117 mil dólares anuales.

Palabras claves: Six Sigma, sacos de polipropilenos, proceso producción, extrusión, telares, merma de scrap, ineficiencia, DMAIC.

ABSTRACT

The present research work is developed in a company dedicated to the manufacture and marketing of plastics, in the line of polypropylene bags. In the diagnosis it is observed a great difficulty to reduce the percentage of scrap; in the year 2016 it was obtained 5.5% and in the first semester of 2017, 5%; being only an improvement of 0.5%. In this sense, it is proposed to implement the Six Sigma methodology as a continuous improvement strategy, which is developed in five phases: define, measure, analyze, improve and control (DMAIC).

The type of research is applied and makes a reference to the descriptive - explanatory level.

After the implementation of the Six Sigma methodology, it concluded that 85% of all scrap is generated in the extrusion processes and looms, therefore, the Six Sigma strategy was implemented in each process, resulting in the decrease of the percentage of scrap reduction, in the second semester of 2017 it was 3.8% and in the first semester of 2018 it was 3.7%, achieving a saving of 117 thousand dollars per year.

Keywords: Six Sigma, polypropylene bags, manufacturing process, extrusion, looms, inefficiency, DMAIC.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la competencia en el mercado global de los plásticos ha ido aumentando debido a la factibilidad del precio de la materia prima y el bajo costo de fabricación. Sin embargo, el uso en exceso de este producto afecta al medio ambiente, últimamente, los mercados están reemplazando el plástico por papel, el cual lleva a mejorar los procesos, reduciendo las ineficiencias de las mismas.

La empresa en estudio se dedica al rubro de fabricación y comercialización de plásticos, en especial, sacos de polipropileno. La empresa ha venido teniendo una producción relativamente estable, pero se ha visto afectada por las ineficiencias del proceso, ocasionando pérdidas económicas y re trabajos en el proceso.

Durante el primer semestre del 2017, se tuvo capacitaciones al personal, seguimiento del proceso, pero la merma de scrap no ha tenido una mejora sustancial, por lo que se evaluó plantear un proyecto que sea sostenible en el tiempo y además esté enfocado en el cliente interno. Es así, que se propuso la utilización de la estrategia Six Sigma, bajo la metodología DMAIC. El beneficio de esta metodología, brinda el uso de diferentes herramientas estadísticas, a fin de validar los pasos y/o conclusiones.

CAPÍTULO 1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad del problema

La empresa en estudio pertenece a una corporación regional del sector industrial de envases de plásticos, especializada en la producción y comercialización de: tapas plásticas, sacos de polipropileno, láminas PET (polietileno tereftalato) y envases termoformados. Tiene 10 fábricas en los países de Argentina, Chile, Colombia y Perú, con más de 70,000 m² de área; lo que le permite tener una fuerte presencia en los sectores de bebidas, alimentos, agroindustrias, pesca, avícola y minería no metalizada. En Perú se tiene tres unidades de negocio: clousers (tapas y cajas de plástico), industrial (sacos y big bag de polipropileno) y recycling (láminas PET).

La presente tesis se enfoca en trabajar en la línea de producción de sacos de polipropileno, correspondiente a la unidad de negocio de industrial.

A principios del 2017, la alta dirección definió como estrategia principal, aumentar los márgenes de utilidad, por lo cual, no se iba a incrementar los precios de venta, sino disminuir los costos de calidad, es decir, disminuir las ineficiencias de los procesos.

La línea de producción de sacos de polipropileno se tiene tres tipos de ineficiencias: merma de scrap, sacos de segunda y sobrepeso, cuyos resultados anuales del 2015 y 2016 no se tiene una mejora notable y/o significativa; y, además, durante el primer semestre del 2017 no se evidencia mejora, lo que es más preocupante para la alta dirección (ver las figuras 4 y 5).

Mensualmente se genera en promedio 47.7 toneladas en ineficiencia, equivalente a una pérdida de 71,550 \$, considerando sólo el costo de materia prima 1.5 \$/ kg, (costo de referencia extraído de la página web de DonRamis.com.mx); siendo 38,700 \$ correspondiente a la merma de scrap, el cual se generan en los procesos de extrusión, telares y acabados.

1.2. Definición del problema

1.2.1. Problema General

¿La aplicación de la metodología Six Sigma reducirá la merma de scrap en el proceso de fabricación de sacos de polipropileno?

1.2.2. Problemas Específicos

a) ¿La metodología DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar) reducirá la merma de scrap en el proceso de extrusión del proceso de fabricación de sacos de polipropileno?

b) ¿La metodología DMAIC reducirá la merma de scrap en el proceso de telares del proceso de fabricación de sacos de polipropileno?

1.3. Justificación e importancia de la investigación

1.3.1. Justificación Teórica

La competencia en el mercado global se ha incrementado debido a que ofrecen productos a menores precios y mayor confiabilidad en la calidad, caso contrario a nuestro proceso, la ineficiencia esta incrementado lo que nos causa pérdida de dinero y cliente, sólo basta observar las figuras 4 y 5.

Lo que se quiere obtener es reducir la merma aplicando una metodología que sea sostenible sin afectar a la calidad del producto ni la satisfacción del cliente, la aplicación de la metodología Six Sigma se ha probado en múltiples sectores teniendo casos de éxito y cambiando la cultura de trabajo.

1.3.2. Justificación Práctica

Al trabajar en la reducción de merma no solo el objetivo es generar ahorros para la empresa sino para ayudar al medio ambiente, ya que en los últimos años, principalmente en este año, se pone mucho énfasis en la reducción del uso del plástico, por ello muchas tiendas y supermercados optan por no usar el plástico o reemplazarlo por papel, si bien es cierto, nuestro mercado no son las bolsas, esto nos proporciona un escenario futuro, en que se incremente los impuestos para las empresas de este rubro, es así que también se quiere prevenir el consumo innecesario de la materia prima.

1.3.3. Justificación Metodológica

Para el presente trabajo se empleará la metodología Six Sigma, basada en la metodología y los pasos del DMAIC, usando las herramientas adecuadas para cada paso.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

Aplicar la metodología Six Sigma para reducir la merma de scrap en el proceso de fabricación de sacos de polipropileno.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a) Aplicar la metodología DMAIC para reducir la merma de scrap en el proceso de extrusión del proceso de fabricación de sacos de polipropileno.

- b) Aplicar la metodología DMAIC para reducir la merma de scrap en el proceso de telares del proceso de fabricación de sacos de polipropileno.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se ha escudriñado en informaciones realizadas en años anteriores, tanto nacionales e internacionales, las cuales, tienen relación con nuestro objeto de investigación, en ese sentido, establecer un marco de referencia para el nivel de investigación que a continuación se describe.

- **Estudio “*Lean Six Sigma for productivity improvements*”**

Autores: Ahmed, A. A. J., Mustafa, A. H. M., & Abdallah, J. M. J.

Sudan University of Science and technology

Sudan, octubre del 2017.

Emplean el método descriptivo, ya que realizan la medición y el relato del problema, desarrollo la implementación de la metodología Lean Six Sigma en una empresa de Ingeniería, en la sección de herramientas de corte del producto “Taladro Cono”, la metodología se dividió en los cinco pasos DMAIC “definir, medir, analizar, mejorar y controlar”. Las principales conclusiones son el incremento de la productividad del área de cortado, disminución del tiempo total de producción siendo de 130.95 minutos a 70 minutos, y disminución del costo total de fresado y afilado de 72.6 \$ a 41.3 \$, equivalente a una reducción de 43%.

- **Tesis “*Mejora de la calidad en el proceso de fabricación de plásticos flexibles utilizando Six Sigma*”**

Autores: Moscoso Chaparro, Jesus Elías y Yalan Reyes, Adair Jeremy.

Universidad de San Martín de Porres

Escuela de Ingeniería Industrial – Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial.

Perú, octubre del 2015.

Emplean el método descriptivo, ya que realizan una medición del problema.

La tesis se desarrolló en la empresa “Industrias Plásticas Marplast S.A.C.”, donde se aplicó la metodología Six Sigma, la cual mejoró la calidad en los procesos de fabricación. Entre los principales logros fue la reducción de defectos en un 32.25 aproximadamente, logrando un aumento de la productividad de 2.39 kg/\$ a 2.68 kg/\$, el indicador de eficiencia de 48.80% a 63.65% y eficacia de 51.50% a 56.96%, generando un incremento en la efectividad alrededor de 36.23%, obteniéndose como consecuencia el crecimiento del nivel sigma de 2.87 a 3.08.

- **Tesis “*Estudio de pre-factibilidad sobre la implementación de la metodología Lean Six Sigma para la mejora del proceso de fabricación de zunchos de polipropileno en una empresa del rubro de embalaje*”**

Autor: Paz Rodríguez, Jessica Gabriela.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Escuela de Ingeniería Industrial – Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial.

Perú, noviembre del 2016

Emplea la metodología descriptiva. La tesis se desarrolló en la empresa “Molinos Pretel S.A.C.”, donde se implementó la metodología Lean Six Sigma en el proceso de producción de zuncho negro de 5/8 pulg., por ello realizó un diagnóstico previo a la implementación de la metodología, el cual consiste en tres etapas. La primera etapa consistió en el cumplimiento de los requisitos del DMAIC, para ello aplicó la matriz QFD (quality function deployment o despliegue de la función de calidad), AMEF (análisis de modo y efecto de la falla) y gráficas estadísticas; donde concluyó que el proceso está bajo control y sigue una distribución normal pero que no cumple con los requisitos del cliente. La segunda etapa consistió en la verificación que la organización esté preparada para la implementación. Por último, la tercera etapa identificó las oportunidades de mejora Lean, tales como la existencia de merma en el proceso de producción durante el tiempo de cambio de malla y número de mallas empleadas e implementación de un manual de cambios de filtro, obteniendo como resultado la disminución de la merma de 42.98% a 35.58%.

- ***Tesis “Implementación de la metodología Six Sigma para la reducción de merma de PVC (policloruro de vinilo) y PET en el proceso de sellado del blíster con tarjeta”***

Autor: Martinez Cedillo, Margarita

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Tesis para optar el grado de Maestra en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Industrial.

México, abril del 2012.

Esta tesis presenta la aplicación de la metodología Six Sigma en una empresa mexicana dedicada a la Maquila de Empaque, y se centra en los productos de PVC y PET, ya que representa de un 30% a un 40% del costo total y la merma de estos materiales llegan a representar 24% del costo total del empaque, generando una pérdida de 1.8 \$ a 2.2 \$ millones anuales. De un análisis inicial en las fases definir y medir, se encuentran 61 variables potenciales del proceso que afectan a la generación de merma, dichas variables se jerarquizan con las herramientas del DMAIC resultando 12 variables críticas potenciales que después, en las etapas de analizar y mejorar son probadas por herramientas estadísticas avanzadas, donde resultó sólo 10 variables significativas, se logró un ahorro en el primer trimestres un aproximado de 164 mil dólares y la reducción de la merma en el proceso de sellado del blíster con tarjetas de 59.06% a un 38.16%.

- **Tesis “*Propuesta de un plan para la reducción de la merma utilizando la metodología Six Sigma en una planta de productos plásticos.*”**

Autor: Delgado López, Emerson

Pontificia Universidad Católica del Perú

Escuela de Postgrado - Tesis para optar el grado de Magíster en Ingeniería Industrial con mención en Gestión de Operaciones.

Perú, del 2015

La tesis se realiza a nivel descriptivo, desarrolla la implementación de la metodología Six Sigma en la línea 1 de envases de plásticos de una empresa peruana. Entre las principales conclusiones es que se probó estadísticamente

que el porcentaje de merma disminuyó, debido al plan de implementación y el costo de oportunidad de capital es de 21.99%.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Antecedentes y origen de la metodología Six Sigma

Luego de la segunda guerra mundial, entre los años 1950 y 1960, evolucionaron muchas teorías de calidad de mayor éxito como TQM (total quality management o gestión de calidad total), SPC (control estadístico de procesos, del inglés statistical process control) y ciclo PDCA (planear, hacer, controlar y actuar, del inglés plan, do, control and act) de Deming, debido a que desarrollaron los conceptos de mejora de calidad en los procesos y el control estadístico de los mismos mediante gráficas. En el año 1978, el vicepresidente de la compañía Motorola, Art Sundry, afirmó en una reunión que la calidad era deficiente; posteriormente, en 1981 Bob Galvin, hijo de Paul Galvin, fundador de Motorola, se convirtió en el presidente de la compañía y decide que, el enfoque de trabajo será la reducción de defectos hasta en diez veces menor en los siguientes cinco años; este objetivo se logra en 1985, pero los competidores ya habían reducido aún más sus tiempos. Durante esos años (1985), el científico Bill Smith comienza a estudiar la variación en los procesos como una manera de mejorar los mismos; es así que comienza a diseñar las herramientas y fórmulas estadísticas, que posteriormente fueron las bases de Six Sigma. Bill llevó sus ideas a Bob, quién hizo énfasis no sólo en el análisis de la variación sino también de la mejora continua, por ello Bob insistió a Bill a seguir trabajando y hacer lo que fuera necesario para que Six Sigma sea el componente número uno de la cultura Motorola y estableció como meta, obtener 3,4 defectos por millón de oportunidades en los procesos, es por ello que Bill Smith es considerado como el

padre de Six Sigma. Posteriormente, Bill se une a Motorola como vicepresidente de control de calidad, adicionalmente se comienza a difundir en la universidad de Motorola el concepto de Six Sigma para anunciar en toda la compañía una cultura de calidad, esto llevó a un periodo de crecimiento y ventas sin precedentes; por último, en 1988 la compañía recibe el premio más reconocido hasta en ese entonces el Malcolm Baldrige National Quality Award (Forrest, 2003).

Juan, Mateu, Sagasta y Sirvent (2006) refiere que desde ese momento, Six Sigma fue adoptada y enriquecida por otras organizaciones líderes como Allied Signal, ya que en 1991 su presidente Lawrence Bossidy, comienza la transformación de la compañía, de ser una empresa con problemas, a ser una potencial máquina llena de éxitos debido a la multiplicación de sus ventas y ganancias de manera dramática; Luego en 1995, el CEO de General Electric, Jack Welsh, se entera del éxito de esta nueva estrategia de boca del mismo Lawrence Bossidy.

Según Lowe (1998) nos dice que a principios de 1980 en General Electric comenzó a invertir en sus instalaciones y máquinas, pero que esto era un lujo comparado a sus competidores como Motorola, Xerox y Texas Instruments ya que ellos tenían la única ventaja competitiva: calidad en sus productos. Además, en una encuesta a los trabajadores indicaban que ellos querían mejorar su propia calidad y creían que podían hacerlo. En 1995, con la ayuda de Mikel Harry, General Electric se enfocó en el control de la calidad, desde ese momento Six sigma se convirtió en la pasión de Welch. "Tenemos una empresa de calidad masiva, con base científica en progreso en General Electric, que nos llevará, dentro de cuatro años, a un nivel de proceso de excelencia que producirá menos de cuatro defectos por millón de operaciones en cada proceso de manufactura y servicio en toda la empresa. Es la

iniciativa más desafiante y gratificante que jamás hayamos emprendido en General Electric”.

Según Chase, Jacobs y Aquilano (2009) indican que, durante 10 años, General Electric ha sido promotor importante de Six Sigma y que Jack Welch declaró “el gran mito es que Six Sigma se refiere al control de calidad y las estadísticas; es mucho más que eso, conduce a que el liderazgo sea mejor porque proporciona herramientas para analizar los temas difíciles. La idea fundamental de Six Sigma es imponer un giro completo a la compañía, enfocar la organización hacia afuera, en el cliente”.

Como resumen se muestra una lista de beneficios, resultados de la aplicación de Six Sigma en estas tres organizaciones líderes (Tennat, 2001):

Motorola:

- Una reducción de 99.7% de defectos en los procesos.
- Un ahorro en los costos de manufactura mayor a \$11 000 000 000.
- Un incremento de la producción de 12.3% cada año en promedio.

Allied Signal

- Una reducción del costo de \$1 400 000 000.
- El crecimiento del precio por acción de 520%.
- Una disminución del 16% en el tiempo de producción de nuevos productos.
- Una reducción del 24 % en el ciclo de facturación.

General Electric

- Ahorro neto de \$1 500 000 000 en 1999 solo de Six Sigma.
- Ahorro esperado anual eventuales superiores a \$6 000 000 000.
- Un aumento del precio promedio de las acciones en 40% cada año.

En resumen, Bill Smith propuso la mejora de la variabilidad del proceso de 3 a 6 sigmas; Mikel Harry, ingeniero que también trabajó en Motorola junto con Bill, planteó que el gran problema de la mayoría de las empresas, está en los costos que no son visibles y que son partes del proceso y Welch fue quién le dio fama a Six Sigma por los logros obtenidos (Zúñiga, 2018).

Se puede decir que Six Sigma surgió de la necesidad de mejora en la calidad de sus procesos, enfocándose en la variabilidad de sus procesos, en la necesidad del cliente y la estrategia de liderazgo, que no solo incluya a un equipo de personas sino a la organización en su conjunto; las herramientas bases de Six Sigma son de la evolución de la teoría del TPM, SPC y ciclo de PHDC de Deming.

Según la información publicada en la página web de Justia Trademarks, el término de Six Sigma fue registrado el 28 de diciembre el 1993 por Motorola Inc.

2.2.2. Definiciones de Six Sigma

Six sigma es un enfoque disciplinado para mejorar los procesos de fabricación o servicio, basado en métricas definidas (Hahn, Hill, Hoerl y Zinkgraf, 1999).

De acuerdo a Harry y Schroeder (2000) “Six Sigma es un método disciplinado que, utilizando un registro de datos extremadamente rigurosos y un análisis estadístico, se puede identificar las fuentes de errores y eliminarlas” (p.23).

Tennat (2001) refiere que Six Sigma son muchas cosas, tal vez sería más fácil enumerar lo que no es; Six Sigma se puede ver como: una visión; una filosofía; un símbolo; una métrica; una meta; una metodología.

Pande y Holpp (2002) nos refiere que “Seis sigma es una forma más inteligente de dirigir un negocio o un departamento. Seis sigma pone primero al cliente y usa

hechos y datos para impulsar mejores soluciones: mejorar la satisfacción, reducir el tiempo de ciclo y defectos” (p.2).

Es una estrategia de mejora continua del negocio (Harry, Mann, Hodings, Hulbert y Lacke, 2010). Adicionalmente, en la revista Quality Digest, se refirió que Harry había definido que “Six Sigma es simplemente, como estar bajo un paraguas, y estar bajo ese paraguas hay muchos tipos de herramientas y prácticas” (2017).

Para la presente tesis, se tomará la definición de Escalante (2016) quien afirma:

Six Sigma representa una métrica, una filosofía de trabajo y una meta. Como métrica, representa una manera de medir el desempeño de un proceso en cuanto a su nivel de productos o servicios fuera de especificación. Como filosofía de trabajo, significa mejoramiento continuo de procesos y productos, apoyada en la aplicación de las herramientas estadísticas y otras. Como meta significa un proceso con nivel de Six sigma al no producir servicios o productos defectuosos.

2.2.3. Principios de Six sigma

Para iniciar la cultura de Six Sigma, es importante seguir los principios para crear una base sólida y sostenible en el tiempo, según Gutierrez y De la Vara (2013, p.399) refiere que son 12 y estos son:

- a) Liderazgo comprometido de arriba hacia abajo: Six Sigma es una estrategia a nivel gerencial debido a que cambia la forma de operar y tomar las decisiones, por ello. los altos niveles de la organización deben estar inmersos y 100% comprometidos. También se observa este escenario en el desarrollo de antecedentes de Six Sigma de la presente tesis: Bob Galvin

(Motorola), Lawrence Bossiddy (Allied Signal) y Jack Welch (General Eletric), ellos eran los máximos líderes de su organización y llevaron a la cuna del éxito a sus compañías.

- b) Six Sigma se apoya en una estructura directiva que incluye gente de tiempo completo: Debido a que Six Sigma, como se mencionó anteriormente, es una cultura que implica no solo a un grupo de personas, sino a toda la organización, es por ello que el compromiso con Six Sigma es crear una estructura directiva que integre líderes de negocio, líderes de proyecto, expertos y facilitadores donde cada uno tiene roles y responsabilidades, la idea es que se multidisciplinaria para tener una mejor retroalimentación durante la ejecución del proyecto. La estructura directiva de Six Sigma se explicará más adelante de forma detallada.
- c) Entrenamiento: Para que la estructura directiva de Six Sigma sea exitosa, cada actor debe ser capacitado previamente según el nivel o curriculum establecido, ya que estas personas serán el soporte del proyecto y orientará al camino de la cultura Six Sigma. Las capacitaciones son entre cuatro a cinco semanas, después de cada semana de capacitación, se dejan dos semanas para que el actor pueda aplicar lo aprendido.
- d) Acreditación: Es importante que los actores de la estructura de Six Sigma sigan el procedimiento de acreditación, la cual no es estandarizado; sin embargo, es importante que interioricen los conceptos ya que de esa forma brindarán mayor asesoramiento al proyecto.

- e) Orientada al cliente y con enfoque a los procesos: Six Sigma busca cumplir con los requerimientos del cliente, para ello, es necesario que la organización tenga que profundizar en el entendimiento del cliente y sus necesidades; para cumplir con esto, es necesario revisar de manera crítica los procesos de la organización. Con ello se prioriza los procesos, productos y servicios a desarrollar.
- f) Six Sigma se dirige con datos: la mejora de la calidad no puede ser al azar, por ello Six Sigma se basa en datos y pensamientos estadísticos para identificar las variables críticas y con los procesos a ser mejorados, con esto se logra que al momento de la ejecución del proyecto se perciba las mejoras para los clientes (internos y externos de la organización).
- g) Six Sigma se apoya en una metodología robusta: en el párrafo anterior se mencionó sobre la toma de los datos; pero estos deben seguir una metodología robusta, ya que los números por sí solos no pueden resolver los problemas. Las metodologías para Six Sigma se desarrollarán más adelante.
- h) Six Sigma se apoya en entrenamiento para todos: en los principios anteriores se mencionó que Six sigma se apoya en una estructura directiva, la cual debe ser entrenada y acreditada; sin embargo, no quiere decir que sólo será de un grupo exclusivo; por el contrario, el entrenamiento debe ser para toda la organización y sus herramientas relacionadas ya que permitirá involucrar a todo el personal, este entrenamiento debe ser en paralelo a la ejecución del proyecto, ya que proporciona un soporte práctico.

- i) Los proyectos realmente generan ahorros o aumento en ventas:
Anteriormente se mencionó los casos del éxito de Motorola, General Electric y Allied Signal, y sus altos ahorros obtenidos e incremento en sus ventas, esto se logra debido al principio de que Six Sigma se apoya en una metodología robusta proporcionando un sistema para evaluar los logros obtenidos. Además, es sabido que la mala calidad y bajo desempeño generan altos costos.
- j) El trabajo por Six Sigma se reconoce: Six Sigma se sostiene en el tiempo debido a que se refuerza y reconoce el trabajo de los líderes del proyecto; así como el caso de General Electric, donde el sistema de compensación se cambió, el 40% se basaba en los resultados obtenidos de Six Sigma. Recordar que siempre existen métodos de reconocimiento a los trabajadores, con ello, también se logra otros resultados, como, por ejemplo, el buen clima laboral.
- k) Six Sigma es una iniciativa con horizonte de varios años, por lo que no desplaza otras iniciativas estratégicas, por el contrario, se integra y las refuerza: es sabido que Six Sigma tiene un enfoque muy poderoso para orientar y alinear los recursos para resolver los problemas críticos del negocio, es así que al momento de iniciar con esta estrategia se debe revisar con las otras estrategias de la empresa que se venían trabajando y alinearlas a ellas.

- l) Six Sigma se comunica: Al momento de iniciar la estrategia, ésta se debe comunicar tanto interna como externamente de la organización (proveedores, clientes claves, trabajadores, entre otros) a fin de lograr la comprensión, apoyo y compromiso de todos (p.404).

2.2.4. Estructura directiva de Six Sigma

A continuación, se detalla cada actor de la estructura directiva de Six sigma. Según Escalante (2016) son cinco niveles, aunque recomienda adicionar el puesto de director de Six Sigma, quién dependerá del director general cuyas funciones serán las de coordinar con toda la estructura, sistema de reporte y avance de los proyectos, programación de las capacitaciones y mantener la organización enfocada en la iniciativa de Six Sigma:

- a) Comité directivo para Six Sigma: formado por el director general y los directivos de primer nivel. Ellos establecen la visión y definen los lineamientos organizacionales y la estructura necesaria.
- b) Champions o Campeones: directores de área, quienes proveen dirección estratégica y recursos con respecto a los proyectos a realizar.
- c) Black Belt o Cinta Negra: personal con las habilidades necesarias de liderazgo y técnicas para entender y aplicar la metodología Six Sigma, a la vez que motivan y dirigen equipos en el desarrollo de proyectos. También se encarga de capacitar a los de cintas verdes. Se recomiendan que esté al 100% de su tiempo.
- d) Green Belt o Cinta Verde: personal enfocado a sus actividades cotidianas diferentes a Six Sigma, que dedican parte de su tiempo a integrarse con Cintas Negras para participar en los proyectos Six Sigma.

- e) Yellow Belt o Cinta Amarilla: son personas que se dedican a sus actividades regulares y que se encargan de comunicar a sus compañeros la iniciativa de la mejora que está tomando la compañía, su entrenamiento es básico, menor a Cintas Verdes.

En la figura 1 se muestra de forma dinámica las funciones de la estructura directiva de Six Sigma.

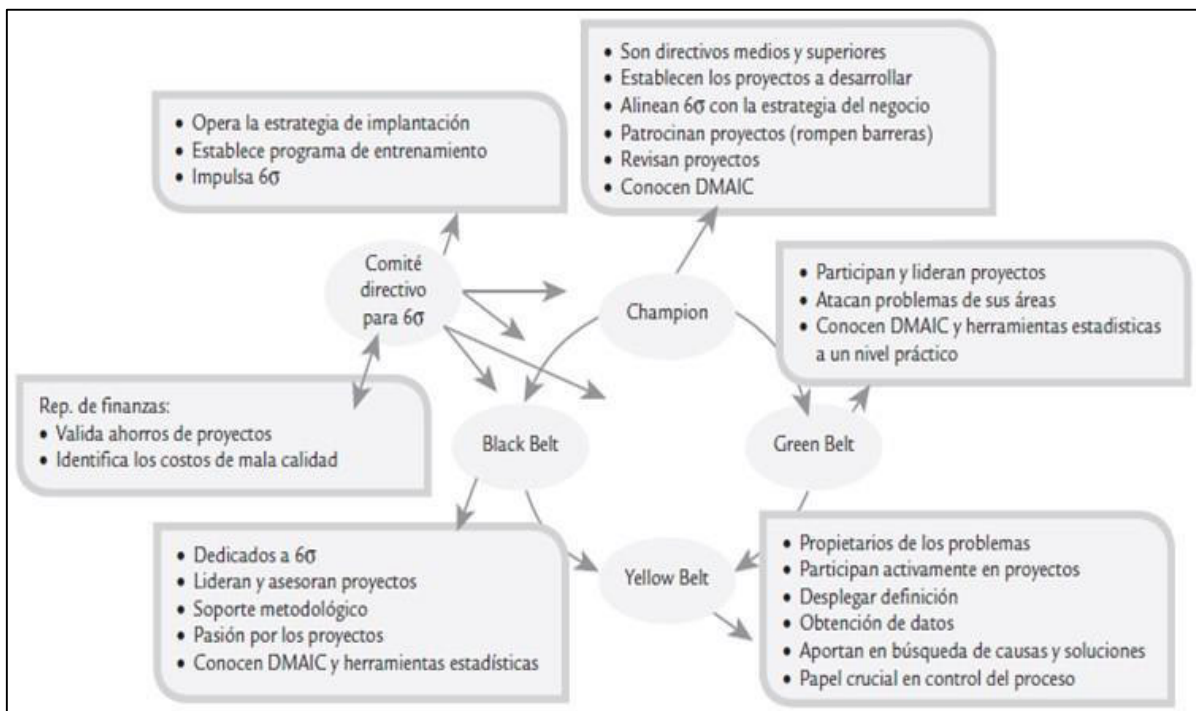


Figura 1: Estructura directiva de Six Sigma

Fuente: Adaptado de Control estadístico de la calidad y Seis Sigma (Gutierrez y De la Vara, 2013, p.400)

2.2.5. Metodologías para la implementación de Six Sigma

Los proyectos de Six Sigma siguen metodologías inspiradas en el ciclo de Deming, estas son:

DMAIC: son las iniciales de la fase; definir, medir, analizar, mejorar y controlar, se usa en proyectos enfocados a mejorar procesos, productos o servicios existentes.

DMADV: acrónimo de las fases de un proyecto Six Sigma enfocado en definir, medir, analizar, diseñar y verificar; a diferencia del DMAIC, está enfocado a minimizar los errores futuros a la hora de desarrollar nuevos productos, asegurando la calidad para el cliente.

2.2.6. Metodología DMAIC

En la presente tesis se aplicará la metodología DMAIC para la solución del problema, por ello se explicará a detalle cada fase mencionando los objetivos, entregables y herramientas que frecuentemente se usan.

2.2.6.1. Fase Definir (D):

El objetivo principal de esta fase es identificar, priorizar, seleccionar el proyecto a realizar, asimismo se debe formar el equipo de trabajo en caso no hubiera, posteriormente definir el objetivo del proyecto, definir el alcance y medir su éxito. Adicionalmente muchos autores de la metodología Six Sigma nos detallan lo siguiente sobre esta fase:

Evans y Lindsay (2008) nos dice sobre la fase definir:

Después de seleccionar un proyecto Six Sigma, el primer paso consiste en definir el problema con claridad. Esta actividad es muy diferente de la selección del proyecto. Ésta última casi siempre responde a los síntomas de un problema y, por lo regular, da como resultado un enunciado vago del mismo. Primero se debe describir el problema en términos operativos que faciliten un análisis posterior (p.510).

Por otro lado, Gutierrez y De la Vara (2013) detalla que esta fase “Se enfoca y delimita el proyecto, precisando por qué se hace, los beneficios esperados y las métricas con las que se medirá su éxito” (p.404).

“Es esencial, en esta fase, la determinación de los factores que interviene en la calidad de los procesos, a través de las herramientas adecuadas para ellos” (Valderrey, 2011, p.31).

Las herramientas en esta fase son en su mayoría de tipo cualitativo, por lo que la complejidad radica en el conocimiento del proceso y en mantener la claridad en los objetivos, entre los principales encontramos: mapa de macro procesos y project charter o carta de proyecto), es un documento donde se describe el proyecto exponiendo todas sus características.

a) Mapa de macro proceso:

Es una herramienta gráfica donde se muestra todos los macro procesos de la empresa y la relación que existe entre ellas, a su vez están agrupadas en procesos estratégicos, core (operativo) y de soporte.

b) Project Charter o carta del proyecto:

Es una carta de presentación del proyecto donde se resume el problema, caso del negocio, alcance, equipo de trabajo, los beneficios esperados, las métricas, recursos y tiempo del proyecto (Gutiérrez y De la Vara, 2013). Es la forma de declarar de forma oficial el inicio de un proyecto Six Sigma y comprometer al equipo de trabajo. En este documento se deberá precisar por lo menos:

- Nombre del proyecto: declaración breve del proyecto, se debe usar métricas de costo, calidad y/o tiempo de ciclo.

- Necesidades o caso del negocio: responde a la pregunta ¿Por qué se debe llevar a cabo el proyecto? Es decir, mencionar los argumentos por lo que se debe apoyar/invertir el proyecto.
- Declaración del problema: debe ser una descripción concisa y enfocada del problema, debe incluir datos históricos o actuales, asimismo, los índices de defectos y/o costos de calidad.
- Objetivos y metas: es la declaración específica del resultado esperado, debe incluir el ahorro esperado, eliminación de defectos o reducción del tiempo, estos relacionados con el nombre del proyecto.
- Alcance y limitaciones: delimitar el problema a ser abordado, clarifica las limitaciones u otros factores que pueden intervenir en el proyecto.
- Miembros del equipo: responde a la pregunta ¿Quiénes intervienen en el proyecto? Asimismo, define las responsabilidades.
- Cronograma: fechas propuestas para el desarrollo de cada fase de la metodología, desde el inicio hasta el fin.

2.2.6.2. Fase Medir (M):

El objetivo de esta fase es entender y cuantificar mejor la magnitud del problema o situación que se aborda con el proyecto (Gutierrez y De la Vara, 2013). Para ello es necesario primero caracterizar al proceso a mayor detalle, para comprender los puntos clave de decisión y la funcionabilidad del procesos, incluyendo los requisitos clave del cliente y del producto; luego definir las métricas (variables críticas de salida Y) para verificar el desempeño del proceso y estimar la línea base, con ello se evaluará el éxito del proyecto; posteriormente obtener los datos del proceso para

procesarlos en la fase de análisis; y finalmente analizar y validar el sistema de medición para cuantificar los errores asociados con las métricas (Socconini, 2016). Las herramientas más utilizadas en esta fase se detalla para cada paso, es así, para mapear los procesos a nivel detallado son diagrama de flujo, diagrama de operaciones, mapa de flujo de valor (VSM), entre otros; entre las métricas utilizadas para medir el desempeño del proceso son OEE (eficiencia total de los equipos), DPMO (defectos por millón de oportunidades) y nivel sigma (σ), índice de capacidad potencial del proceso (Cp), índice de capacidad real de proceso (Cpk), entre otros; respecto a la recolección de datos, se tiene las hojas de ruta, registros de producción, entre otros; finalmente para analizar el sistema de medición se tiene los estudios de R&R (repetitividad y reproducibilidad), análisis de linealidad y de regresión, ANOVA (análisis de varianza). Se detallarán las principales herramientas utilizadas en la presente tesis.

a) Diagrama de flujo:

El objetivo es identificar todas las etapas de las actividades del proceso, tanto sus entradas y salidas, entre ellas se encuentra el flujo de la información, los materiales (materia prima, insumos, accesorios, etc.) y los recursos (mano de obra, maquinaria, etc.). El diagrama de flujo refleja el alcance y objetivo de las actividades de los procesos.

b) SIPOC:

Es una representación de alto nivel de proceso y sus siglas corresponden a:

- Proveedor (Supplier): son las personas u organizaciones que proporciona los insumos que se necesitará para realizar el proceso.

- Entradas (Input): son los insumos (materia prima, recursos, información, materiales, etc.) que son entregados por los proveedores.
- Proceso (Process): se detalla las actividades o pasos donde se realiza una transformación de las entradas.
- Salida (Output): son los entregables del proceso a fin de ser entregados al cliente.
- Clientes (Customers): son quienes reciben las salidas del proceso.

c) Indicador OEE:

En términos en inglés es “Overall Equipment Effectiveness” y en español es “Eficacia Global de Equipos”, sirve para medir la eficiencia productiva de la máquina industrial. Este indicador, frente a otros, tiene la ventaja de tener todos los parámetros fundamentales: calidad (Q), eficiencia (E) y disponibilidad (D)

d) Rendimiento (Y):

Sirve para medir el desempeño del proceso, es decir, medir el rendimiento de un proceso. Para su cálculo, utiliza la distribución de Poisson mediante la siguiente fórmula:

$$Y = e^{-DPU}$$

Donde DPU son los defectuosos por unidad, es el número de defectos en una muestra dividido entre el número de unidades incluidas en una muestra.

2.2.6.3. Fase Analizar (A):

Gutierrez y De la Vara (2013) refiere que “la meta de esta fase es identificar las causas raíz del problema (identificar las X vitales), entender cómo es que éstas generan el problema y confirmas las causas con datos” (p.406).

Asimismo, Socconini (2016) indica que “es una fase determinante ya que en ella se reconocen las causas de los problemas, las principales fuentes de variación y se determinan el camino que se ha de seguir en la fase de mejora” (p. 135).

Según Socconini (2016) indica que los objetivos de esta fase son:

- Análisis de la cadena de valor (los pasos necesarios que generan valor para el cliente)
- Análisis de las fuentes de variación
- Identificar las principales fuentes de variación de las características críticas de calidad (p.134).

Y como actividades principales:

- Analizar la capacidad del proceso: se llevan a cabo estudios de los datos generados en la etapa de medición, estableciendo las hipótesis iniciales
- Establecer las variables significativas: en esta etapa se confirman o desechan las hipótesis planteadas y permite afirmar cuáles son variables que se deben atacar en la fase de mejora (p.135)

Las herramientas son muy variadas en esta fase, por lo que mencionaremos las más utilizadas por cada actividad:

Cadena de valor: diagrama de spaguetti, balance, AMEF

Análisis de fuentes de variación: estadística básica, diagrama Ishikawa (causa-efecto), árbol de realidad actual, diagrama de Pareto, diagrama de correlación, histograma, capacidad de proceso, diagrama box-whisker.

Lluvia de ideas, cinco porque, diagrama de Ishikawa, estratificación, cartas de control, diseño de experimentos, prueba de hipótesis, entre otras.

a) Diagrama de Ishikawa:

“Un diagrama de causa y efecto (C&E) es una figura formada por líneas y símbolos cuyo objetivo es representar una relación significativa entre un efecto y sus causas. Fue creado por Kaoru Ishikawa en 1943, y también se le conoce como diagrama de Ishikawa” (Besterfeld, 2009, p. 81). El objetivo es encontrar las principales causas de los efectos mediante las tormentas de ideas y la participación de los participantes del proceso, independientemente del puesto de trabajo, esto permitirá no desestimar ideas de diferentes puntos de vista.

b) AMEF o análisis de modo y efecto de las fallas:

El análisis de modo y efecto de las fallas permite identificar caracterizar y evaluar el riesgo de las fallas potenciales de un proceso o producto y, a partir de un análisis de su probabilidad de ocurrencia, formas de detección y el efecto que provocan; estas fallas se jerarquizan, y para aquellas que vulneran más la confiabilidad del producto o el proceso será necesario generar acciones para eliminarlas o reducir el riesgo asociado con las mismas (Gutierrez y De la Vara, 2013).

El cuerpo del formato AMEF consiste en tres: etapa/función del proceso/Requerimientos, modo potencial de falla y efectos potenciales de la falla.

Etapas/Función del proceso/Requerimiento:

Pueden incluirse las operaciones de reparación o retrabajo, en cuanto a la función del proceso se debe dar una descripción breve de la función de cada etapa, en relación a los requerimientos puede considerarse a las entradas de las etapas del proceso, de haber muchas entradas se puede considerar a los que estén alineados con los modos de falla (Gutierrez y De la Vara, 2013)

Modo potencial de falla:

Es la manera en que un sistema podría fallar en u operación o cumplimiento de requerimientos. Los modos más típicos son: abertura inadecuada, corto circuito, falla del material, operación faltante, entre otros (Gutierrez y De la Vara, 2013).

Efectos potenciales de la falla:

Son las consecuencias negativas que se dan cuando falla un proceso, por lo que se deben buscar sus causas. De esta forma, suponiendo que la falla ha ocurrido en esta etapa se deben describir todos los efectos potenciales de los modos de falla señalados en el paso previo. La pregunta clave es ¿qué ocasionará el modo de falla identificado? (Gutierrez y De la Vara, 2013).

2.2.6.4. Fase Mejorar (I):

“El objetivo de esta fase es proponer e implementar soluciones que atiendan las causas raíz, es decir, asegurarse de que se corrige o reduce el problema” (Gutierrez y De la Vara, 2016, p.407). Por tanto, se debe establecer nuevas condiciones en el proceso de operación, establecer los beneficios asociados con la solución propuesta, estimados por el equipo y aprobados por el director, investigar y resolver los modos de falla para el nuevo proceso y verificar las mejoras implementadas (Socconini, 2016, p.254). La idea es atacar la fuente del problema (causa) y no el efecto, es usual que para atacar una causa se presente varias alternativas de solución, para ello es necesario evaluarlas mediante una matriz de priorización donde se refleje las prioridades de la parte interesada, un buen método de evaluación es considerar los criterios de costo, complejidad, viabilidad, impacto en el cliente y practicidad.

Las herramientas para esta fase son variadas y libres, entre las más usadas son: lluvia de ideas, hojas de verificación, diseño de experimentos, poka-yoke.

2.2.6.5. Fase Controlar (C):

La última fase de la metodología que consiste en diseñar un sistema que mantenga las mejoras logradas (controlar las X vitales) y se cierre el proyecto. El sistema de control debe prevenir que los problemas anteriores no se vuelvan a repetir, impedir que las mejoras se olviden, mantener el desempeño del proceso y alentar la mejora continua (Gutierrez y De la Vara, 2016, p.408).

Por tanto, el sistema de control debe tener tres niveles: estandarizar el proceso, documentar el plan de control y monitorear el proceso.

2.2.7. Implementación Six Sigma

Six Sigma se apoya en una estructura directiva por personas, es por ello que, estos deben ser capacitados y entrenados para lograr el éxito de la implementación de la cultura Six Sigma (Gutierrez y De la Vara, 2013).

De acuerdo con Valderrey (2011), refiere que la implementación de Six Sigma se logra integrando todas las áreas, eliminando las fronteras entre las divisiones y habilitar una comunicación fluida; ya que Six Sigma se enfoca en el cliente, por ejemplo, si se ofrece un buen producto, pero los servicios de facturación, tiempo de entrega entre otros son de mala calidad, pues de nada servirá.

“Lo primero en la implementación de un programa Six Sigma exitoso, es entender que Six Sigma no es un producto que se pueda comprar, sino que se requiere tiempo y compromiso” (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2008, p. 233).

2.2.8. Software para Six Sigma

Actualmente existen innumerables softwares que contienen las herramientas para Six Sigma, entre ella se tiene el SPSS, Minitab y SAS. El SPSS es un software brindado por IBM, es utilizado para realizar la captura y análisis de datos en modo gráfico y tablas; es muy útil para gestionar grandes volúmenes de datos y analizar textos, entre otros formatos más; incluye estadísticas descriptivas como la tabulación y frecuencias de cruce, estadísticas de dos variables, además, pruebas t, anova y de correlación.

El Minitab es un software distribuido por ADDLINK, sirve para ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas. “En cuanto al contenido relativo a Six sigma, es un software compacto que trata desde procedimientos de estadística básica (estadística descriptiva, distribuciones de probabilidad, etc.), hasta procedimientos avanzados relativos a regresión múltiple, gráficos de control, diseño de experimentos, etc.” (Valderrey, 2011, p.16). El SAS es un software distribuido por SAS Institute Inc., comparando con los softwares mencionados anteriormente, es un poco más complejo “Se trata de un sistema de análisis estadístico, econométrico, programación y manejo de datos de gran potencia que maneja volúmenes muy extensos de datos y que implementa, en forma de procedimientos, la mayoría de las técnicas estadísticas actuales” (Valderrey, 2011, p.21).

Para la presente tesis se utilizará el software Minitab, debido a que la interfaz es muy amigable y contiene procedimientos que utilizaremos durante el proyecto, además de ser compatible con el sistema Windows.

2.3. Glosario de términos

AIAG: Automovite Industry Action Group.

AMEF: Análisis de modo y efecto de la falla, en inglés Failure Mode and Effects Analysis.

ANOVA: Análisis de varianza, en inglés Analysis Of Variance.

Diagrama Ishikawa: o diagrama de causa-efecto o diagrama de pescado.

DMADV: Definir, medir, analizar, diseñar y verificar.

DMAIC: Definir, medir, analizar, mejorar y controlar

DPMO: Defectos por millón de oportunidades.

DPU: Defectos por unidad, número de defectos en una muestra dividido entre el número de unidades incluidas en la muestra.

Estudios R&R: Estudios de repetitividad y reproducibilidad.

EPP: Equipo de protección personal

IPER: Matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos

OEE: Eficiencia general de equipos, o en inglés overall equipment effectiveness.

Mantenimiento cero (overhaul): Dicha revisión consiste en dejar el equipo a Cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste.

MFI (melt flow index o índice de fluidez): Cantidad de material que fluye a través del orificio de un dado capilar en 10 minutos.

Nivel sigma: Mide cuantas desviaciones estándar caben entre el límite superior e inferior del proceso, sirve para saber que tan buenos son los procesos. Por ejemplo, en la figura 2 se muestra que el proceso de la izquierda tiene un nivel sigma de 3 y el de la derecha tiene un nivel sigma de 6, en este caso el proceso de la derecha tiene un mayor desempeño

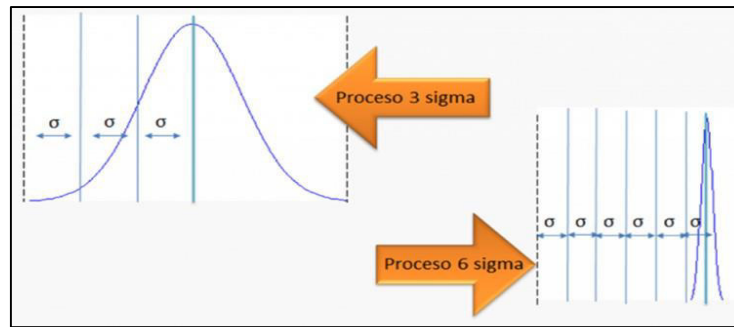


Figura 2: Nivel sigma y desviación estándar

Fuente: Adaptado de Lean Solutions <http://www.leansolutions.co/conceptos/que-es-six-sigma/>

NPR: número de prioridad de riesgo.

Proceso: “Es una secuencia de tareas o actividades interrelacionadas que tienen como fin producir un determinado resultado a partir de unos elementos de entrada y que se vale para ello de unos ciertos recursos” (Alcalde, 2010, p.90).

PDCA: Planear, hacer, controlar y actuar

PET: Polietileno tereftalato

PVC: Policloruro de vinilo

SGI: Sistema de gestión integrado.

Sigma (σ): es una letra griega que significa una unidad estadística de medición y se usa para medir la desviación estándar de una población. Es decir, mide la variabilidad o dispersión de un conjunto de datos y se calcula con la desviación estándar. Por ejemplo, en la figura 3 se observa que la muestra 1 (barras azules) tiene mayor dispersión ($\sigma = 6,82$) que la muestra 2 ($\sigma = 1,32$), ésta a su vez tiene mayor dispersión que la muestra 3 ($\sigma = 0,61$).

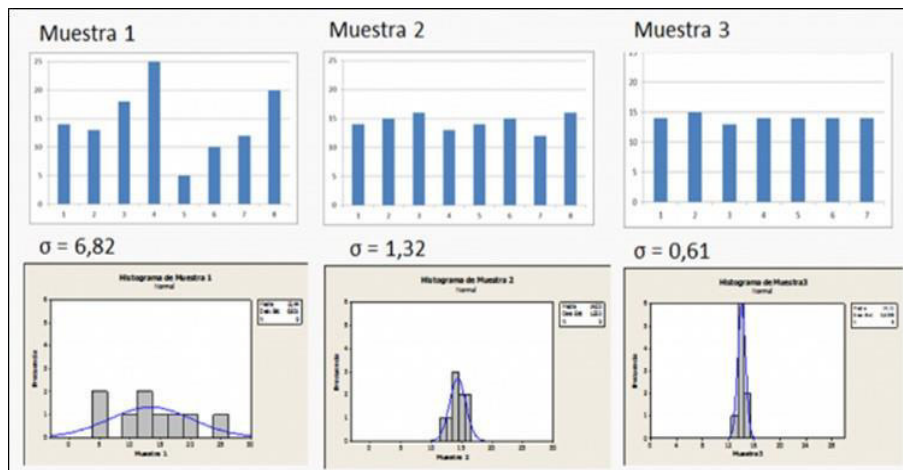


Figura 3: Dispersión (desviación estándar) de tres muestras

Fuente: Adaptado de Lean Solutions <http://www.leansolutions.co/conceptos/que-es-six-sigma/>

SPC (Statistic Process Control o control estadístico de procesos): Según Carro y Gonzáles (2012) refiere:

Tiene como objetivo hacer predecible un proceso en el tiempo. Las herramientas usadas para este fin son las gráficas de control que permiten distinguir las causas especiales de las causas comunes de variación. Luego de identificarlas con el gráfico, el paso siguiente es eliminar las causas especiales, ya que son ajenas al desenvolvimiento natural del proceso con lo que se logra el estado del Proceso Bajo Control Estadístico; es decir, un proceso predecible y afectado exclusivamente por causas comunes (aleatorias) de variación (p.1).

TQM (Total Quality Management o Sistema de Calidad Total): según Navarro (2016) afirma “Es una estrategia de gestión, orientada a crear una conciencia de Calidad, en todos los procesos que se realicen en cualquier tipo de organización” (p.1).

Variabilidad: “Se refiere a la diversidad de resultados de una variable o de un proceso” (Gutierrez y De la Vara, 2013).

VSM: mapa de flujo de valor, en inglés value stream mapping.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Formulación de Hipótesis

3.1.1. Hipótesis General

La aplicación de la metodología Six Sigma reduce la merma de scrap en el proceso de fabricación de sacos de polipropileno.

3.1.2. Hipótesis Específicas

- a) La aplicación de la metodología DMAIC reduce la merma de scrap en el proceso de extrusión del proceso de fabricación de sacos de polipropileno.
- b) La aplicación de la metodología DMAIC reduce la merma de scrap en el proceso de telares del proceso de fabricación de sacos de polipropileno.

3.1.3. Variables

- a) De la hipótesis general se tiene:

Variable independiente (VI): metodología Six Sigma

Variable dependiente (VD): proceso de fabricación de sacos de polipropileno

- b) De la hipótesis específica se tiene:

Variable independiente (VI1): metodología DMAIC

Variable dependiente (VD1): merma scrap en el proceso de extrusión

Variable independiente (VI2): metodología DMAIC

Variable dependiente (VD2): merma scrap en el proceso de telares

En la matriz de consistencia (ver anexo 1) se consolidan los elementos claves del inicio de la investigación.

3.2. Diseño de la Investigación

3.2.1. Tipo de Investigación

La presente tesis reúne las condiciones metodológicas de una investigación aplicada ya que como lo menciona Best (1998) “La investigación aplicada, movida por el espíritu de la investigación fundamental, ha enfocado la atención sobre la solución de problemas más que sobre la formulación de teorías” (p.123). Adicionalmente, Ñaupas, Mejía, Novoa y Villagómez (2014) menciona que la investigación aplicada “Es aquella que está orientada a resolver objetivamente los problemas de los procesos de producción, distribución, circulación y consumos de bienes y servicios, de cualquier actividad humana, principalmente de tipo industrial, infraestructural, comercial, comunicacional, servicios, etc.” (p.93). Y en este caso se quiere solucionar el problema de la empresa mediante la aplicación de la metodología Six Sigma.

3.2.2. Nivel de Investigación

De acuerdo a la profundidad del análisis y el grado de conocimiento expuesta en la presente tesis la investigación será de nivel descriptivo – explicativo. En primer lugar, será descriptivo porque se explicará a detalle el proceso de fabricación de sacos de polipropileno, su medición, indicadores y recursos. En segundo lugar, será explicativo, ya como lo indica Salkind (como se citó en Bernal, 2010), la presente investigación tiene como propósito explicar si la variable dependiente es afectada por la variable independiente. De acuerdo con este autor, uno de los puntos importantes respecto a la investigación correlacional es examinar relaciones entre variables, pero en ningún momento explica que una sea la causa de la otra; por

tanto, en este estudio se demostrará la relación que existe entre la metodología Six Sigma y la generación de merma de scrap.

Para la prueba de hipótesis se utilizó el diseño de un grupo con pre-prueba y post-prueba:

$$O1 \rightarrow X \rightarrow O2$$

Siendo:

X: Tratamiento aplicado al grupo (metodología Six Sigma)

O1: Observaciones de la variable dependiente antes de aplicar la metodología en el grupo control (pre-prueba)

O2: Observaciones de la variable dependiente después de aplicar la metodología en el grupo control (post-prueba)

3.2.3. Diseño de la Investigación

La presente investigación reúne las características de un diseño experimental de, ya que modificaremos la variable independiente en el grupo muestral, cabe señalar que la medición se realizó antes y después de la prueba, en este caso, se van a manipular las condiciones de algunas variables para obtener resultados que nos permiten contrastar la hipótesis planteada.

3.2.4. Población y Muestra

- a) Población: La merma de scrap generada en todos los procesos de fabricación de sacos de polipropileno.
- b) Muestra: Para el análisis de los datos, se consideró la merma de scrap generada en los procesos de extrusión y telares durante el mes el primer semestre del 2017.

3.2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se ha utilizado:

- a) Reportes de producción desde el enero del 2017 hasta la actualidad.
- b) Reportes de calidad desde el enero del 2017 hasta la actualidad.
- c) Registros de producción de extrusión y telares
- d) Check list del proceso de extrusión y telares
- e) Comité de Operaciones y reuniones de trabajo entre el personal de producción de extrusión, telares y de calidad.

3.2.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos recogidos fueron procesados estadísticamente y representados en gráficos, figuras y cuadros, las herramientas utilizadas fueron:

- a) Microsoft Excel
- b) Minitab
- c) Herramientas de la metodología DMAIC: diagrama de macro proceso, project charter, diagrama de flujo, pareto, AMEF, diagrama de causa-efecto y plan de implementación.

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Descripción de la empresa

La empresa en estudio se dedica a la fabricación de envases de plástico (sacos, mangas, mantas y telas), según la Clasificación Internacional Industrial Uniformes (CIIU) – Revisión 4 (2010, p. 72) se detalla en el cuadro n° 1 la clasificación económica de la empresa:

Cuadro 1: *Clasificación del sector y actividad económica de la empresa en estudio*

Sector:	Sección C – Industrias Manufactureras
Subsector:	División 22 – Fabricación de productos de caucho y de plástico
Rama de actividad:	Grupo 22 - Fabricación de productos de plástico
Actividad:	Clase 2220 – Fabricación de productos de plástico Se ubica en la siguiente actividad: - Fabricación de artículos de plástico para el envasado de productos: bolsas, sacos, cajones, cajas, garrafrones, botellas, etc., de plástico

Fuente: Elaboración propia

La empresa cuenta con cuatro sedes, ubicados en los distritos de: Lurín (2 locales), Cercado y Callao, formando un total de 43,000 m². La presente tesis se desarrolla en la sede de Lurín 1, cuyo espacio físico es de 10,861 m²; en el cuadro 2 se detalla el espacio físico de las áreas.

Cuadro 2: *Espacio físico de las áreas de la sede Lurín 1.*

Administrativa	Almacén	Mantenimiento	Producción
- Está conformada por las oficinas administrativas, sala de reuniones y comedor - Espacio físico de 235 m ²	- Está conformado por los almacenes de materias prima, productos en proceso (rafia, manga y telas), productos terminados y de repuestos. - Espacio físico de 415 m ²	- En esta área se ubica los equipos auxiliares para la operación de las máquinas de planta y los talleres. - Espacio físico de 130 m ² .	- Conformada por las áreas de extrusión, telares, acabados, big bag y peletizado. - Espacio físico de 10,081 m ² .

Fuente: Elaboración propia

Para el presente estudio, se considera a las áreas de extrusión, telares y acabados, que conforman un espacio físico de 9,831 m².

En el anexo 4 se muestra la distribución de la planta del área de producción.

En el anexo 3 se muestra el organigrama del área de producción, donde se observa que el jefe de producción lurín¹ es responsable de las áreas de producción y calidad; quien a su vez está bajo el mando del Gerente de Operaciones.

En el cuadro 3 se detalla las principales máquinas y equipos que se utilizan en los procesos de fabricación de sacos, telas y big bag de polipropileno.

Cuadro 3: Espacio físico de las áreas de la sede Lurín 1.

Proceso de extrusión	Proceso de telares	Proceso de acabados
Extrusoras (Axisplast, Lohia y Starex), intercambiadores de calor, compresor de aire, sistema de embobinado (bobinadoras), devanadora, dinamómetro, lupa milimétrica y balanza	Máquinas de telares (chicos y grandes), troquel, balanza y equipo de corte ultrasónico	Impresoras, laminadora, convertidoras, valvuladora, cosedoras manuales, cortadora de mangas, prensas de sacos, balanza y troqueladora

Fuente: Elaboración propia

4.2. Diagnóstico de la empresa

Como se mencionó anteriormente, la empresa tiene tres tipos de ineficiencia, en las figuras 4 y 5 se muestran los valores toneladas y porcentajes, respectivamente. Respecto al porcentaje de merma de scrap, entre el 2015 y 2016 se tuvo una mejora del 0.7%; sin embargo, al evaluar el primer semestre del 2017 con el 2016, sólo se tiene una mejora del 0.5%.

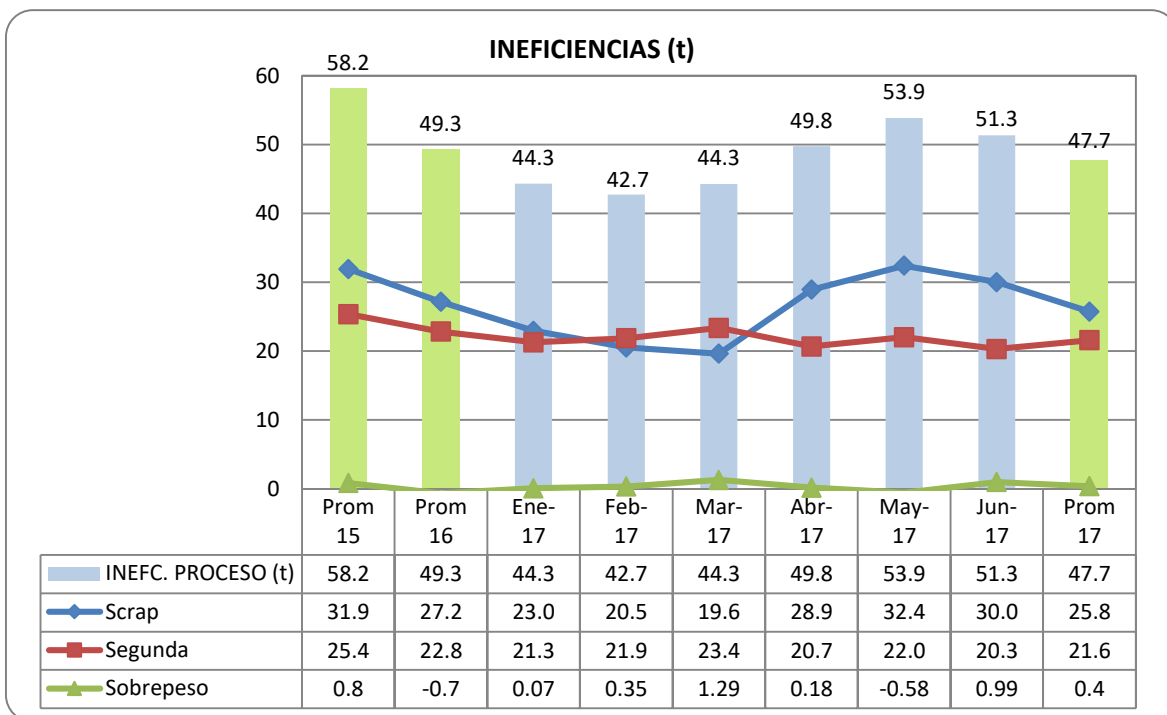


Figura 4: Ineficiencias (toneladas) del 2015 al 2017

Fuente: Elaboración propia

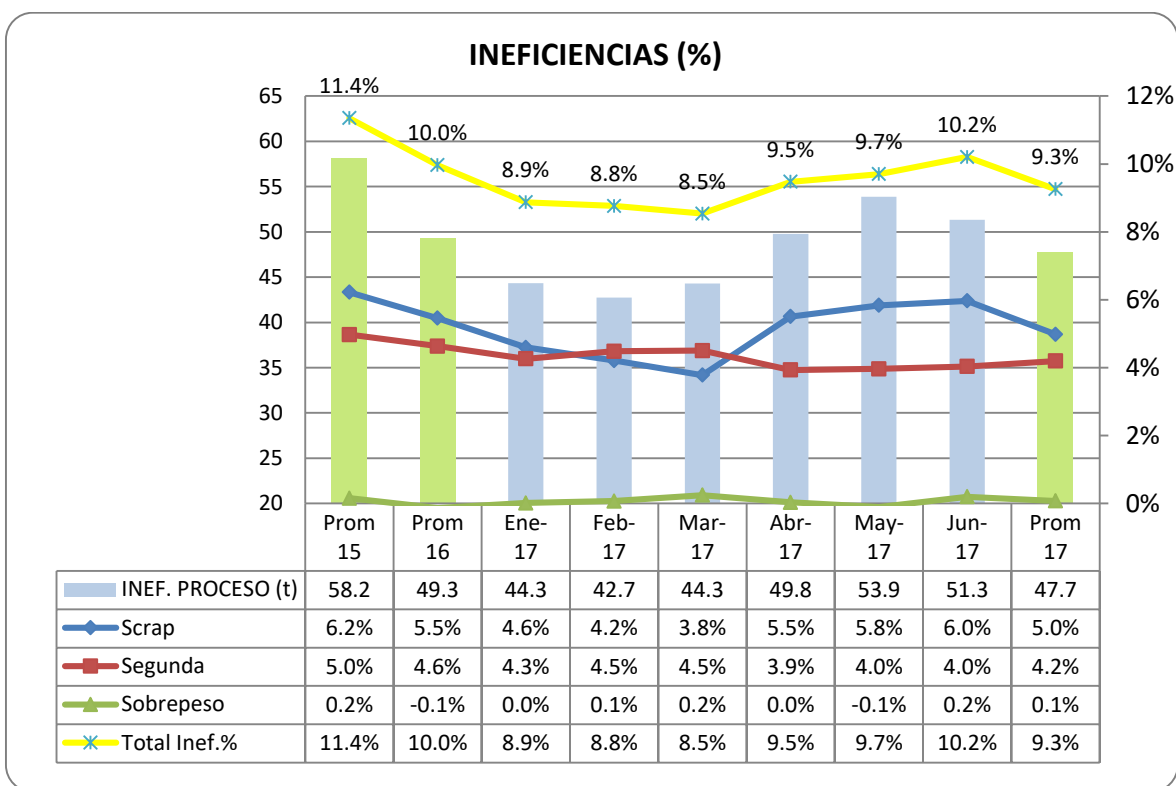


Figura 5: Ineficiencias (porcentaje) del 2015 al 2017

Fuente: Elaboración propia

4.3. Aplicación de la metodología Six Sigma

La presente tesis escoge como herramienta de solución de problemas a la metodología Six Sigma aplicando la metodología DMAIC, a continuación, se detalla los pasos que se realizó para desarrollar cada fase.

4.4. Desarrollo de la fase DEFINIR

Es la fase más importante en el desarrollo del proyecto, ya que esto dependerá el enfoque que se dará al mismo y a lo largo de todo su proceso. Como se explicó en el marco teórico el objetivo de esta fase es definir el problema, los objetivos y beneficios del proyecto; bajo esta premisa se detalla los clientes, productos, el mapa de macro procesos, los indicadores de ineficiencia y el project charter o carta del proyecto.

4.4.1. Los clientes

Son las empresas que solicitan los productos a la empresa en estudio, éstas se agrupan por sectores, en el cuadro 4 se detalla los principales clientes de cada sector.

Cuadro 4: *Principales clientes por cada sector.*

Sector	Clientes principales
Arrocero	Compañía Agroindustrial Santa Ana, Costeño, Alimentos SAC y Tondero
Azucarero	Cartavio, Casa Grande y Paramonga
Exportación	La Italiana, Polysnop y Pesa
Fertilizante	Romero Trainding y Yara Peru
Industrial	San Fernando, Aceros Arequipa, Ferrosal, Purina y Quimpac
Mayorista	Wiracocha y los que usan para el uso agrícola tales como cosecheros, cebolleros y payasito

Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Los productos

En la línea unidad de negocio industrial produce tres tipos de productos, se detallan a continuación:

- a) Sacos de polipropileno: Confeccionadas a partir de cintas de polipropileno de alta tenacidad y resistencia, recubiertas con polietileno, que le otorgan facultades de impermeabilidad de los agentes externos, (gases, humedad, polvo, etc.), como también permite un mejor control de la atmósfera interna del envase a partir de la microperforación de la capa de recubrimiento. La calidad de este tejido permite realizar envases desde 25 hasta 60 kilos y con variables de válvula de carga de altura lo cual permite envasar la más variada gama de productos. La alta calidad de impresión de estos envases, de hasta ocho colores, se logra a través de la utilización de polímeros e insumos de la más alta calidad.

- b) Telas de polipropileno: Son productos que atienden las necesidades de los productores aviarios, no solo con tejidos para cortinas, sino que también para el cielo raso. El tejido avícola es resistente al manipuleo diario y al desgaste por el tiempo gracias a su estabilización a los rayos UV.

- c) Big bag: Construidos a partir de cintas tejidas de polipropileno de alta tenacidad y resistencia, diseñados para contener cargas desde 300 a 2500 kilos, son presentados en la más variada gama de modelos: Tubular, Plano, U-Panel, con Mamparos, "One Loops", Bags Camiseta, etc. Los cuales se combinan según cada necesidad en el modo más conveniente de carga, descarga y elevación

En la presenta tesis, se enfoca los productos de sacos de polipropileno.

4.4.3. Mapa de macro proceso

En el anexo 2 se muestra el flujo de proceso desde la recepción del pedido del cliente hasta la entrega del pedido, cabe señalar que la empresa en estudio cuenta con la certificación del ISO 9001 por lo que trabaja bajo el enfoque de procesos. En la figura 6 se muestra el mapa de los macro procesos y la interacción de los mismos, agrupados por procesos estratégicos, core (operativos) y de soporte.

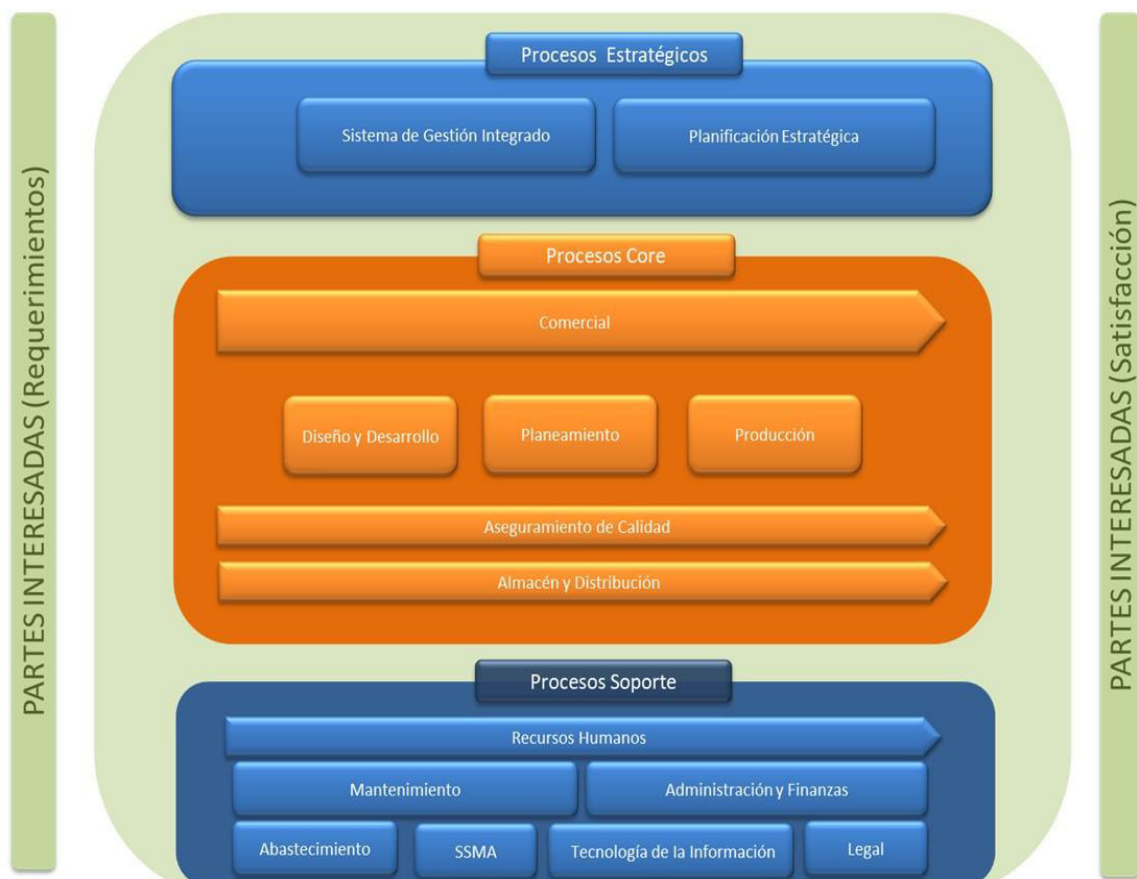


Figura 6: Mapa de macro procesos de la empresa en estudio

Fuente: La empresa

En la presente tesis, se enfoca en el macro proceso de producción, en el punto 4.5.2 se detallan los procesos que conforma Producción.

4.4.4. Indicadores de ineficiencia (calidad)

Como se mencionó anteriormente, los indicadores de ineficiencias se clasifican en tres tipos, que se detallan a continuación:

- a) Merma de scrap: Según el Reglamento de la Ley de Impuesto a la Renta define “la pérdida física, en el volumen, peso o cantidad de las existencias, ocasionada por causas inherentes a su naturaleza o al proceso productivo” (artículo 21°, inciso c). Para la presente tesis, se considera a los restos de rafia que no pueden ser utilizados en el proceso, por lo que son trasladados al proceso de peletizado a fin de ser reprocesados y obtener pellets de recuperado; en la figura 7 se muestra la fórmula del indicador.

$$\%Scrap = \frac{Scrap\ extrusión + Scrap\ telares + Scrap\ acabados(tn)}{Tot.prod.\ extrusión + Carg.lámina + Chancaca + Scrap\ (extrusión\ laminado)} \times 100\%$$

Figura 7: Fórmula del porcentaje de merma de scrap

Fuente: La empresa en estudio

- b) Segunda: Se considera los sacos, telas y big bag que no cumplen con las especificaciones del cliente, cabe señalar que estos productos de segunda pueden ser vendidos al cliente a un precio inferior del mercado. En la figura 8 se muestra la fórmula del indicador.

$$\% Segunda = \frac{Sacos\ de\ segunda}{Tot.Prod.\ Extrusión + Carga\ Lámina + Chancaca + Scrap(extrusión\ laminado)} \times 100\%$$

Figura 8: Obtención del indicador de % Segunda

Fuente: La empresa en estudio

- c) Sobrepeso: Es la diferencia en peso entre el peso real y teórico, la cual puede ser positiva (peso adicional del producto ocasionando una pérdida) o negativa (peso inferior del producto ocasionando un posible reclamo). En la figura 9 se muestra la fórmula del indicador.

$$\% \text{ Sobrepeso} = \frac{\text{Sobrepeso de sacos}}{\text{Tot.Prod.Extrusión+Carga Lámina+Chancaca+Scrap(extrusión laminado)}} \times 100\%$$

Figura 9: Obtención del indicador de % Sobrepeso

Fuente: La empresa en estudio

En el diagnóstico (ver punto 4.2), se mostró los valores de los indicadores de ineficiencia, ahora se quiere determinar el grado de correlación que existe entre el indicador de ineficiencia y la merma de scrap. En la figura 10 se muestran ambos indicadores (ineficiencia y merma de scrap) durante el primer semestre del 2017.

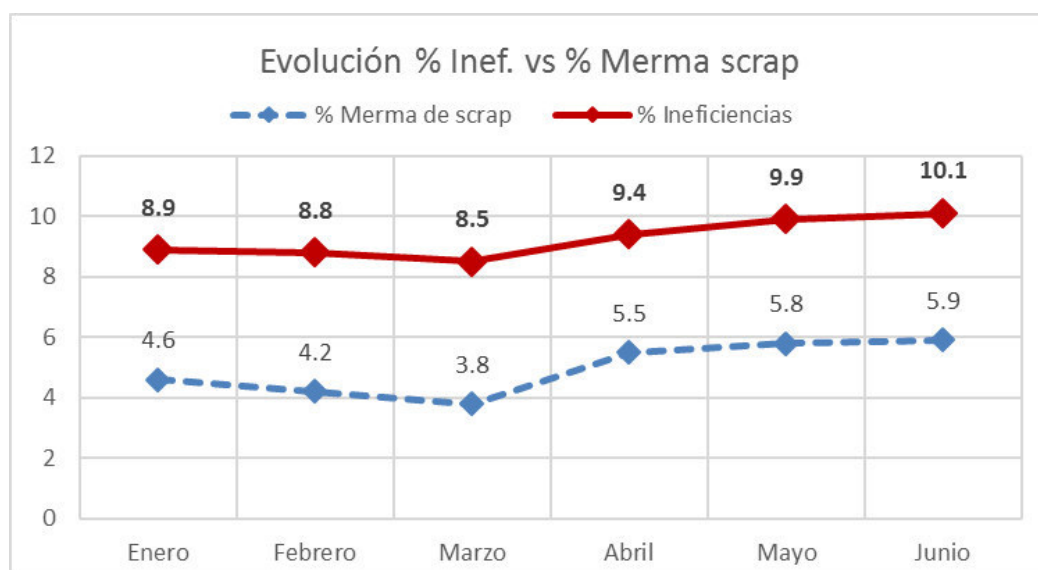


Figura 10: Ineficiencia general vs merma de scrap (%) de enero-junio del 2017

Fuente: Elaboración propia

En la figura 10 se visualiza que hay una dependencia entre ambos indicadores, para confirmar esto, se realiza un análisis de correlación en el software de Minitab

utilizando un nivel de significancia de 0.05 (ver figura 11) para determinar estadísticamente que nivel de correlación existe.

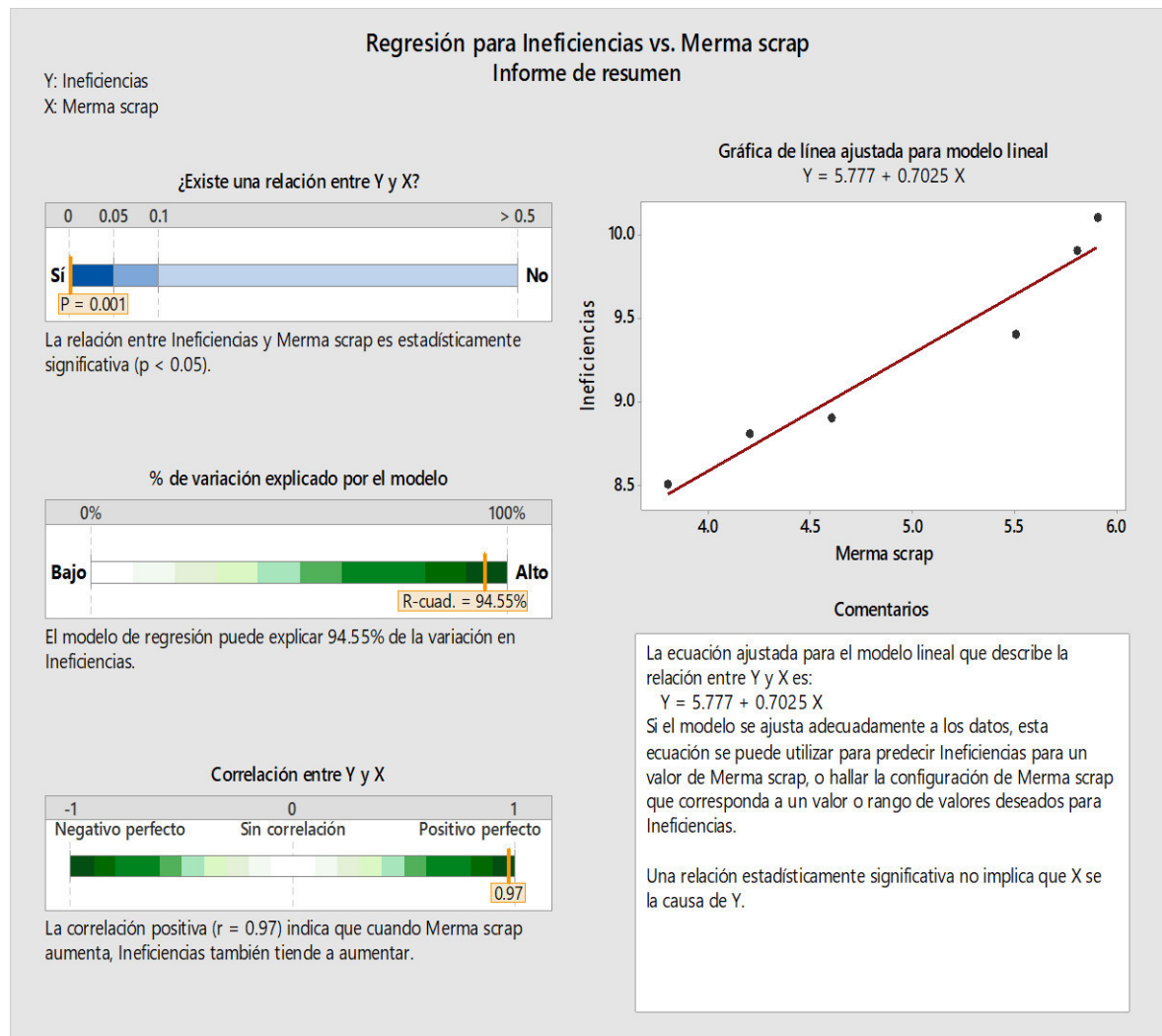


Figura 11: Informe del análisis de correlación con nivel de significancia de 0.05 entre el indicador de ineficiencia general y merma de scrap.

Fuente: Elaboración propia

Donde las variables son:

Y: Ineficiencia general (variable independiente).

X: merma de scrap (variable dependiente).

a: coeficiente de regresión intersección, del resultado de análisis es 5.777.

b: coeficiente de regresión pendiente, del resultado de análisis es 0.7025.

Del cuadro de % de variación explicado por el método, el coeficiente de correlación $R^2 = 0.9455$, esto quiere decir que hay una fuerte relación entre las variables, adicionalmente el valor p no indica que existe una relación estadísticamente significativa ($p = 0.01$). Por tanto, se puede concluir que el indicador de ineficiencia es ocasionado por una relación lineal con el indicador de merma de scrap.

4.4.5. Project Charter o carta de proyecto

Para el desarrollo de esta fase, ha sido fundamental revisar los indicadores de ineficiencia de la empresa (ver punto 4.4.4), donde se concluyó que la merma de scrap es el indicador que tiene mayor correlación con el indicador total de ineficiencias, adicionalmente éste indicador tiene costos ocultos como reprocesamiento de scrap (proceso de peletizado), mano de obra, espacio físico para el almacenamiento e inventario en stock, actualmente se tiene 30 toneladas de scrap por reprocesar. Por otro lado, los sacos de segunda pueden ser vendidos a menor precio de venta para no generar pérdida económica.

El Gerente de Operaciones aseguró que, si se logra disminuir de merma de scrap, se mejorará la calidad de los productos y procesos, en cuadro 5 se presenta el project charter del proyecto:

Cuadro 5: *Project Charter del proyecto*

Nombre del proyecto:	Reducción de la merma de scrap de extrusión y telares en el proceso de de fabricación de sacos de polipropileno.		
Necesidades del negocio:	<p>La competencia del mercado se ha incrementado, debido a la creación de nuevas empresas y disminución del costo de materia prima; por lo que la empresa decidió en generar ahorros observando los costos de calidad del proceso de fabricación de sacos de polipropileno: extrusión, telares y acabado.</p> <p>Dentro de los costos de calidad se identificó que las ineficiencias de merma de scrap, segunda y sobrepeso, generaban \$ 70,650 mensualmente; esto nos señala que este desperdicio influye significativamente en la rentabilidad y competitividad de la empresa, una oportunidad para generar ahorros en la empresa.</p> <p>Adicionalmente, a pesar de que la merma de scrap se recicla y reprocesa en la empresa donde se genera costos, afecta al medio ambiente y al producto. Actualmente, se evidencia que el uso indiscriminado del plástico afecta al medio ambiente debido al tiempo que demora en desintegrarse, por ello la normatividad son mas exigentes y la alza de los impuestos. Por otra parte, al reprocesarse y luego ingresarlo al proceso productivo afecta en las propiedades mecánicas del producto.</p>		
Declaración del problema:	En planta Lurín, la merma mensual del proceso de fabricación de sacos es de 5.0 %, equivalente a 25.8 toneladas, esto representa una pérdida aproximada de \$ 38,700; sin incluir su costo de reprocesamiento (costos de energía, maquina, mano de obra e insumos). La merma de scrap se genera en los proceso de extrusión, telares y acabados; 39%, 46% y 15 % respectivamente.		
Objetivo y metas:	Reducir el porcentaje de merma de scrap de 5.0% hasta 3.5%, con ello se espera un ahorro estimado de 100 mil dólares anuales. Adicionalmente minimizar la variabilidad de los procesos y mejorar la calidad six sigma a 3.5.		
Alcance y limitaciones del proyecto:	El proyecto se desarrollará en la planta Lurín 01, en los proceso de extrusión y telares. No se incluye los proceso de acabados, peletizado ni big bag.		
Miembros de equipo:	Patrocinador o Champion: Gerente General de Operaciones Dueño del proceso: Jefe de Producción Black Belt: Jefe de producción de sacos Green Belt: Analista de Procesos, Líder de Extrusión y Líder de Telares Yellow Belt: Operarios de Extrusión, Operador de Telares y Operador de Remetido		
Cronograma del proyecto:		<i>Fecha Inicio</i>	<i>Fecha Fin</i>
	<i>Definir</i>	3-Jul	7-Jul
	<i>Medir</i>	10-Jul	19-Jul
	<i>Analizar</i>	20-Jul	31-Jul
	<i>Mejorar</i>	1-Ago	19-Ago
	<i>Controlar</i>	21-Ago	5-Set

Fuente. Elaboración propia

4.5. Desarrollo de la fase MEDIR

El objetivo de esta fase es establecer la línea base, primero identificando las variables críticas de entrada, validar el sistema de medición, la estabilidad y capacidad del proceso.

En la figura 12 se muestra el diagrama de flujo de los procesos de producción, al lado derecho se tiene entradas (materia prima, información, mano de obra, materiales, etc.) y al lado izquierdo las salidas (productos terminados).

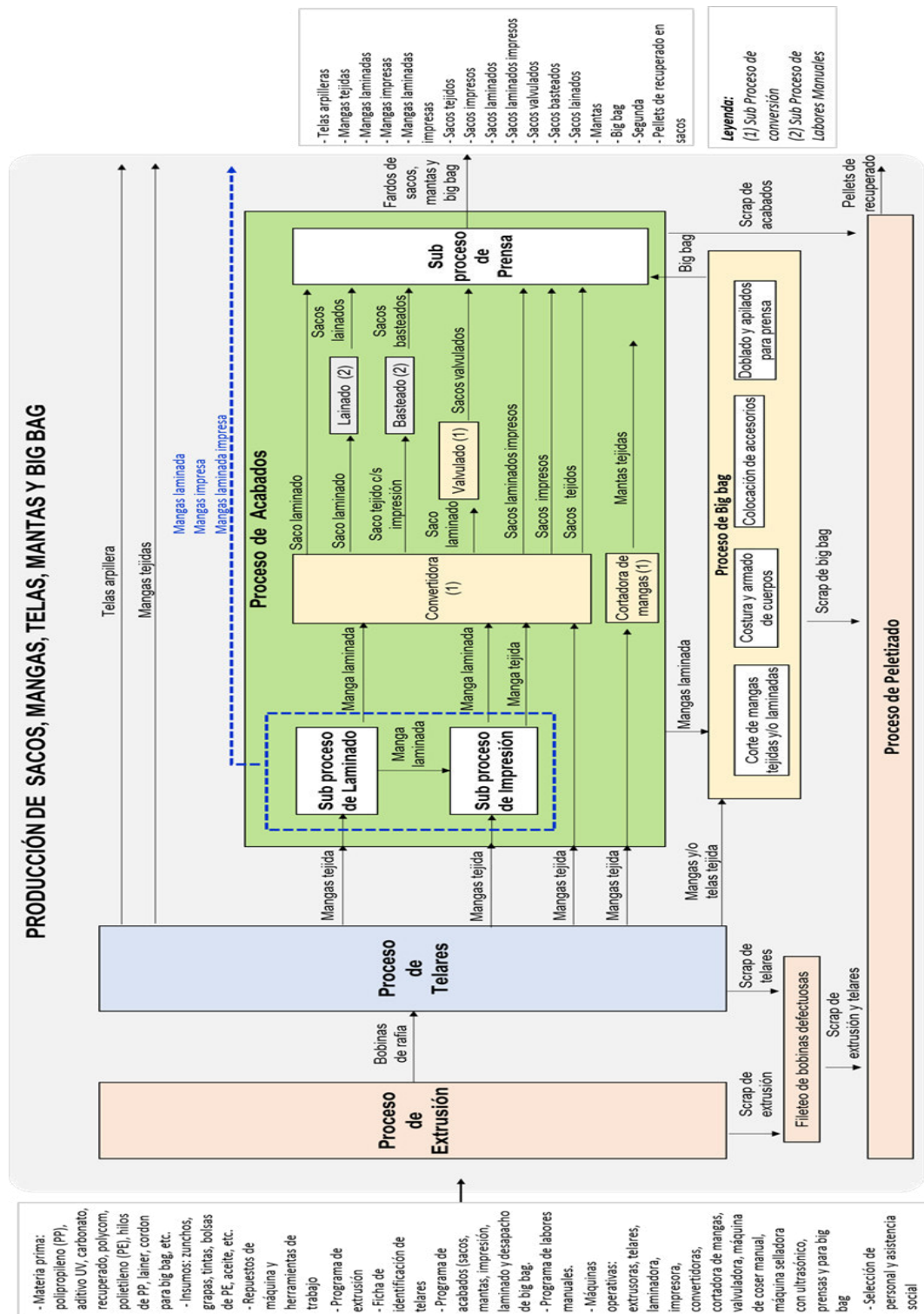


Figura 12: Diagrama de flujo del macro proceso de producción

Fuente: Elaboración propia

4.5.2. Selección de los procesos a mejorar – Diagrama de Pareto

Come se observó en la figura 9, el macro proceso de producción tiene 5 procesos: extrusión, telares, acabados, peletizado y big bag; cada uno de ellos genera merma de scrap, con excepción de peletizado. Por ello, es fundamental definir el alcance del proyecto; es decir, identificar en qué procesos se aplicará la metodología Six Sigma. Se recopiló los datos de merma de scrap (toneladas), que se generaron durante el primer semestre del 2017 (ver cuadro 6), cabe mencionar que la merma de scrap del proceso de acabados se ha detallado en laminadora, conversión, valvulado e impresión.

Cuadro 6: Merma de scrap (toneladas) por proceso del primer semestre del 2017

Proceso	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Telares	10.38	9.56	10.28	10.39	10.43	8.27
Extrusión	7.71	8.06	9.12	7.88	8.30	9.12
Laminadora	1.50	1.51	1.80	0.48	1.38	1.09
Conversión	1.00	1.46	1.35	1.27	1.60	1.55
Valvulado	0.48	0.98	0.54	0.18	0.00	0.00
Impresión	0.22	0.20	0.29	0.48	0.32	0.29

Fuente. Elaboración propia

Para determinar que procesos son los que generan mayor merma se empleó el diagrama de Pareto (ver figura 13).

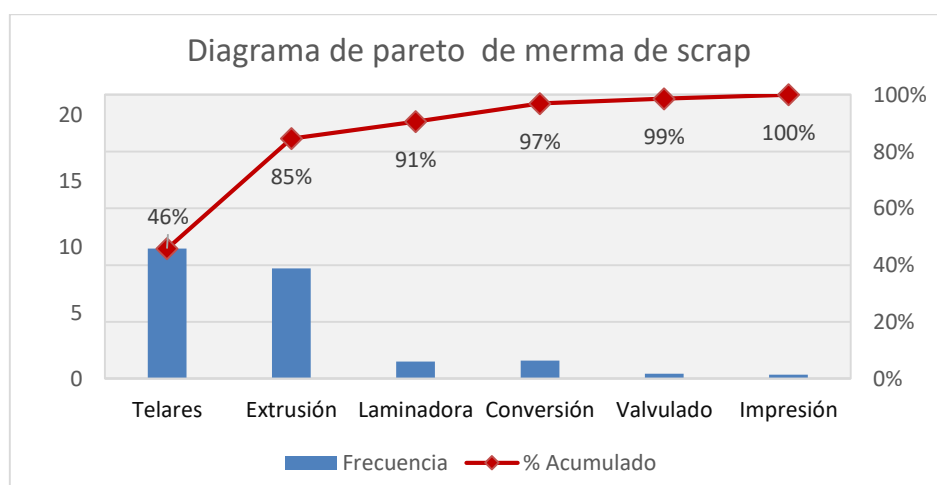


Figura 13: Diagrama de Pareto de mermas de scrap por proceso

Fuente: Elaboración propia

Como resultado, se obtiene que el 85% de la merma de scrap se origina en los procesos de extrusión y telares. En la figura 14 se muestra el mapeo de procesos de manera resumida y los procesos a mejorar (resaltados en color amarillo).

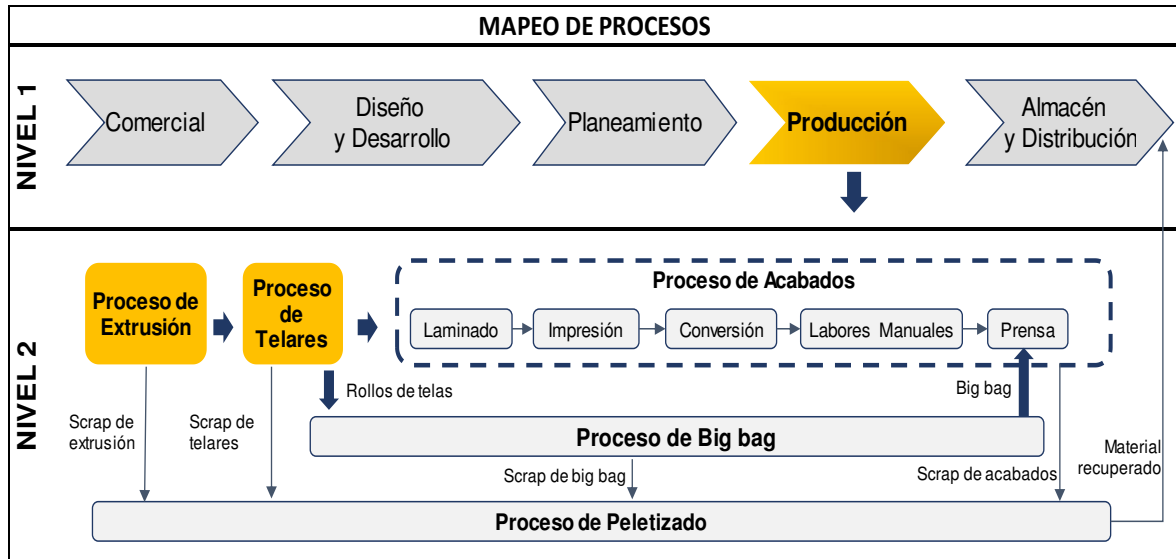


Figura 14: Mapeo de procesos

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describe los procesos de extrusión y telares:

a) Proceso de extrusión:

Según Morales (2010) refiere que:

Es la acción de formar láminas de plástico (inicialmente en forma de pellet) que se introduce al extrusor, mediante una tolva, los pellets de plástico se funden el por medio de calor (el calor se transmite por las resistencias eléctricas) y se transporta hasta el extremo del equipo, en el que se encuentra el cabezal; dentro de éste se halla una boquilla (matriz), que le dará forma de lámina. (p.227).

Es el proceso por el cual la materia prima e insumos son fundidos a un punto de fusión programada, dando origen a una masa plástica en forma de una lámina de espesor uniforme. Esto se realiza en un cilindro provisto de resistencias eléctricas, donde la masa plástica es forzada por un tornillo sin fin para finalmente salir en forma de lámina por los labios del cabezal. Esta lámina fundida es solidificada al pasar por una tina con agua de enfriamiento y es jalada por unos rodillos de calandria en los cuales se trata de eliminar los restos de agua. Posteriormente la lámina pasa por un equipo de corte cuya especificación dependerá del ancho de cinta final y el ratio de estiramiento fijado. El ratio de estiramiento será fijado según las propiedades mecánicas (tenacidad y elongación) de la rafia necesaria. Para fijar las propiedades mecánicas de la rafia, las cintas de rafia son calentadas (por un horno para evitar rotura de cintas) y estiradas por rodillos donde las velocidades se determinan según la ratio de estiramiento. Las cintas de rafia al salir del horno pasan a través de rodillos calientes y luego a través de rodillos fríos para fijar el ancho de la rafia y evitar futuras contracciones de ancho de cinta. Finalmente, la rafia pasa al sistema de embobinado. En la figura 15 se muestran gráficamente el proceso de extrusión.

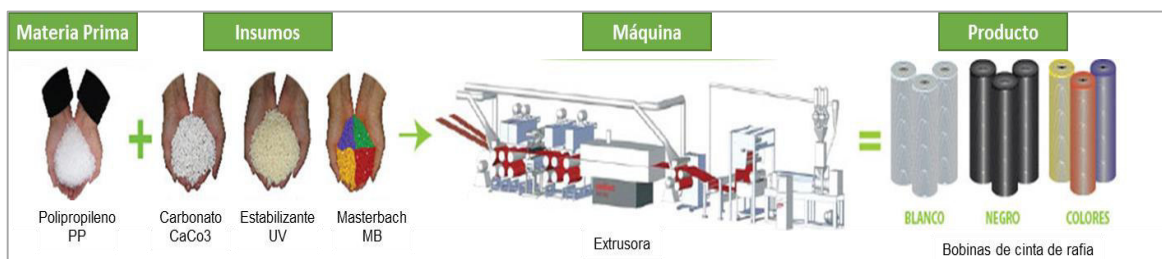


Figura 15: Proceso de extrusión

Fuente: Elaboración propia

b) Proceso de telares:

Consiste en la obtención de mangas tejidas, utiliza bobinas de rafia, las cuales son colocadas en las filetas (para el tejido de urdido) y en las lanzaderas (para el tejido de trama). Las cintas de rafia, ubicadas en las filetas, pasan por los ojales, peines y centro del telar para que ingresen de manera vertical; por otro lado, las cintas de rafia ubicadas en las lanzaderas, van ingresando en forma horizontal; de esta forma se van entrelazando y forman el tejido, al inicio y durante el tejido se debe verificar constantemente la regulación del aceite, para asegurar una buena operación. En la figura 16 se muestra gráficamente el proceso de telares.

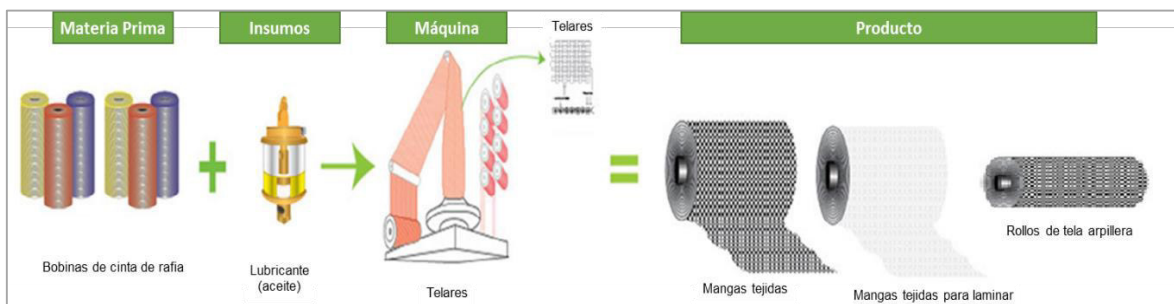


Figura 16: Proceso de telares

Fuente: Elaboración propia

4.5.3. Diagrama SIPOC

Se aplica la herramienta SIPOC para identificar las entradas y salidas de los procesos a mejorar (extrusión y telares), así como analizar las transiciones, información e identificar los involucrados o gestores de los procesos. Antes de emplear la herramienta SIPOC, a continuación, se detalla la materia prima e insumos:

a) Materia prima: Son los recursos a partir de los cuales se obtienen productos elaborados o semi-elaborados, elementos que son usados en una línea de proceso y que se encuentran en un estado natural; es decir, no ha tenido cierta modificación en cuanto a su estructura, en este caso es el polipropileno.

Polipropileno (PP): Es la base principal para la producción de cinta de rafia. En este caso se considera al polipropileno (PP), el cual es un polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno. El polipropileno se recepciona en sacos de 25 kg apilados en parihuelas de madera.

b) Insumos: Es lo que se utiliza para complementar el producto terminado, en el cuadro 7 se muestra los principales insumos.

Cuadro 7: Descripción de los principales insumos

Masterbach	Encargada de la pigmentación (dar coloración) a la cinta de rafia
Aditivo UV	Protege a la cinta de rafia cuando están expuestas a la radiación UV
Carbonato	Dar resistencia y tenacidad a la cinta de rafia
Pellets de recuperado	Material reciclado de polipropileno obtenido del proceso de peletizado
Aditivo polycom	Encargada de fortalecer las propiedades físicas y químicas del polipropileno, su uso se recomienda cuando se utiliza pellets de recuperado
Polietileno (PE)	Es un polímero que se aplica como una capa sobre el saco tejido para brindar protección UV
Aceite lubricante	Encargada de lubricar durante el proceso de tejeduría

Fuente: Elaboración propia

En las figuras 17 y 18, se muestran la aplicación de la herramienta SIPOC a los procesos de extrusión y telares, respectivamente.

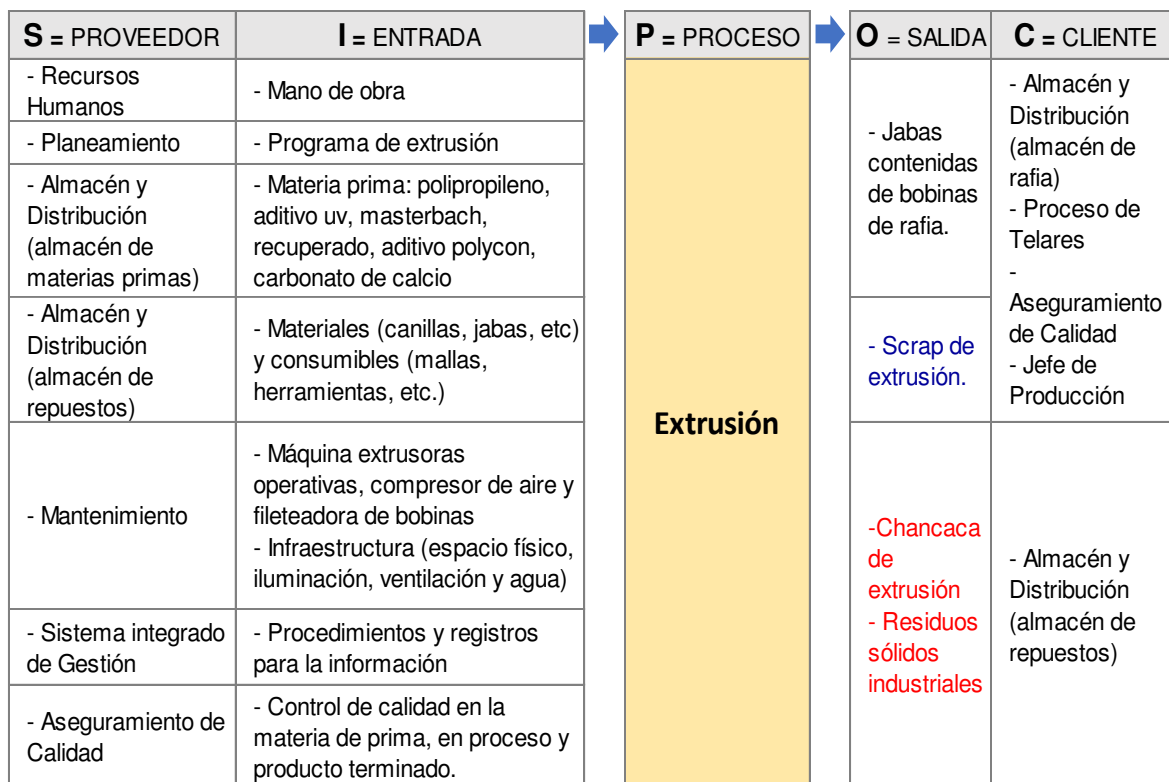


Figura 17: SIPOC del proceso de extrusión

Fuente: Elaboración propia

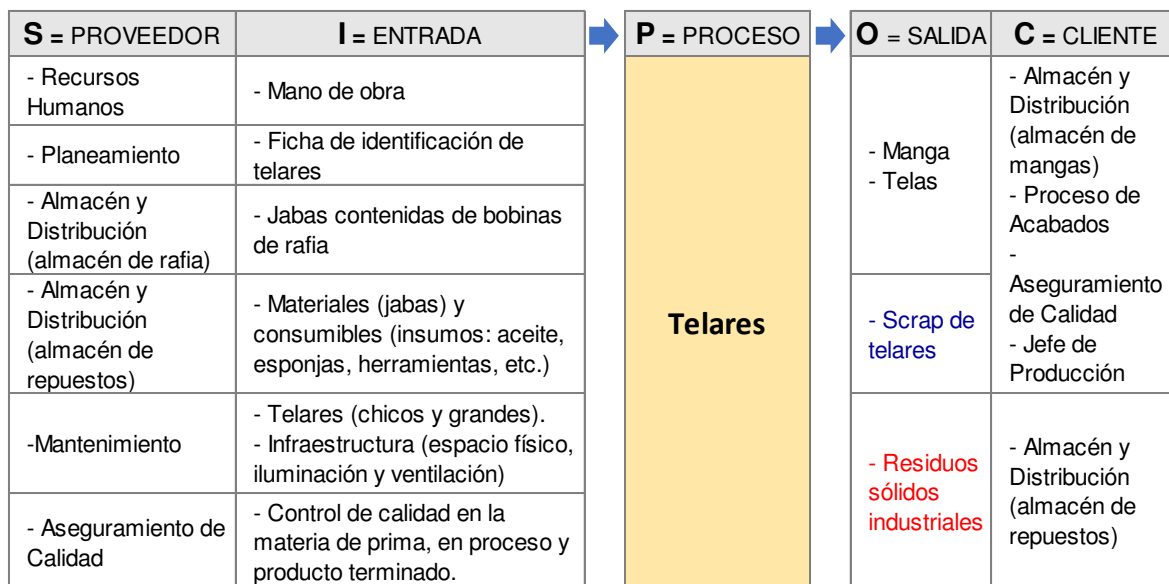


Figura 18: SIPOC del proceso de telares

Fuente: Elaboración propia

4.5.4. Selección de orígenes de merma a solucionar – Diagrama de Pareto

En el punto 4.5.2 se concluyó que el 85% de la merma de scrap se genera en los procesos de extrusión y telares, esta merma es clasificada según el tipo de origen en cada proceso. En el cuadro 8 se muestra las mermas de scrap (en toneladas) por tipo de origen durante el primer semestre de 2017.

Cuadro 8: Merma de scrap por tipo de origen (en toneladas) y proceso del primer semestre 2017.

Proceso	Tipo de origen	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Telares	Fileteo	7.48	6.52	7.01	7.14	7.17	5.48
Extrusión	Lanzada máquina	2.75	2.76	3.90	3.18	3.30	3.63
Telares	Limpieza telares chicos	2.11	2.32	2.49	2.49	2.54	2.18
Extrusión	Proceso extrusión	2.56	1.50	1.47	2.25	2.67	2.45
Extrusión	Pistola	1.06	2.49	1.64	1.35	1.29	1.14
Extrusión	Cambio de color	0.70	0.65	0.77	0.77	0.69	1.03
Extrusión	Bobinas defectuosas	0.63	0.65	1.33	0.32	0.35	0.86
Telares	Limpieza telares grandes	0.63	0.45	0.65	0.58	0.54	0.57
Telares	Remetido	0.16	0.26	0.13	0.18	0.18	0.04

Fuente: Elaboración propia

Ahora, para determinar los principales tipos de origen que generan la mayor cantidad de merma, se aplicó el diagrama de Pareto (ver figura 19).

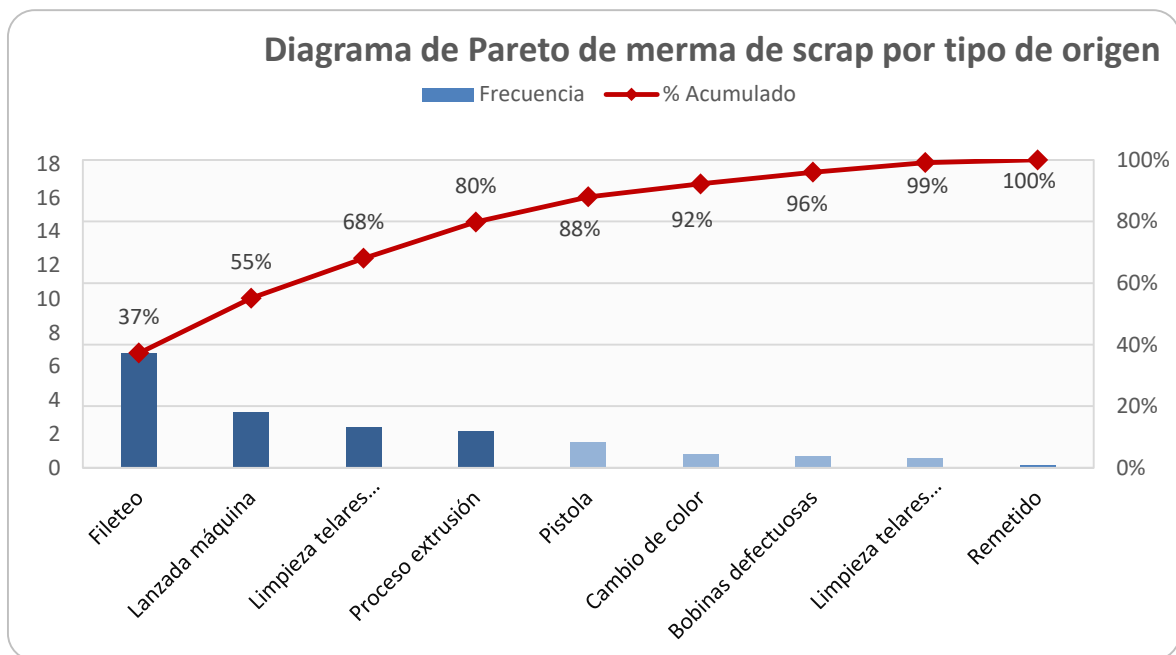


Figura 19: Diagrama de Pareto para la identificación de los defectos principales de extrusión y telares

Fuente: Elaboración propia

De la figura 19, se concluye que el 80% de la merma de scrap que se genera en los procesos de extrusión y telares son:

- Proceso de extrusión: lanzada de máquina y proceso.
- Proceso de telares: fileteo de canillas y limpieza de telares.

4.5.5. Variables de control en los procesos de extrusión y telares

El área de aseguramiento de calidad realiza diferentes pruebas durante todos los procesos según se detalla en su Plan de Calidad de la empresa. En el cuadro 9 se detallan los tipos de prueba, frecuencia, tamaño de la muestra, rango de aceptación, equipo y responsable que se realizan en los procesos de extrusión y telares.

Cuadro 9: Tipo de pruebas que se realiza en el proceso de extrusión.

PRO_CESO	PRUEBA	FRECUENCIA	TAMAÑO DE MUESTRA RANGO DE ACEPTACIÓN	EQUIPOS	RESPON SABLE
EXTRUSIÓN	Verificación del Denier (g/9000 m)	Arranque / Seguimiento	Axisplast = 12 bobinas Starex = 28 bobinas Lohia = 14 bobinas <i>Tolerancia (+/- 5%)</i>	Devanadora Balanza Electrónica	Inspector de Aseguramiento de Calidad
	Fuerza o Resistencia a la tracción (Kgf)	Arranque / Seguimiento	Axisplast, Starex y Lohia = 06 bobinas	Dinamómetro	
	Elongación (%)	Arranque / Seguimiento	Axisplast, Starex y Lohia = 06 bobinas <i>Tolerancia para sacos en general (Mín. 20% / Máx. 30%)</i> <i>Tolerancia para sacos c/ recuperado (Mín. 19% / Máx. 25%)</i> <i>Tolerancia para Big Bag y Cebolleros (Mín. 16% / Máx. 25%)</i>		
	Tenacidad (g-f/den)	Arranque / Seguimiento	Axisplast, Starex y Lohia = 06 bobinas <i>Tolerancia cintas arpilleras con denier >1500 (Mín. 4.0 gf/den / Máx. 5.5 gf/den)</i> <i>Tolerancia para cintas mayoristas con recuperado y telas (Mín. 4.0 gf/den / Máx. 6.0 gf/den)</i> <i>Tolerancia para sacos en general (Mín. 4.5 gf/den / Máx. 6.0 gf/den)</i> <i>Tolerancia para BigBag y Cebolleros (Mín. 5.0 gf/den / Máx. 6.5 gf/den)</i>		
TELARES	Ancho de Manga (cm)	Arranque / Seguimiento	2 Veces por telar en un turno <i>Tolerancia (+/- 1.5 cm)</i>	Cinta Flexométrica	
	Gramaje (gr/m²)	Arranque / Cambio de rollo	Todos los rollos que caen en el turno <i>Tolerancia (+/- 5%)</i>	Cuchilla Balanza Electrónica	
	Densidad de Urdimbre y Trama	Arranque	Tejido: Urdido (<i>Tolerancia +/- 3% del total de cintas</i>) rama (El mínimo valor es de 31 cintas / Valor nominal +/- 2 cintas)	Visual	
			Laminado: Urdido (<i>Tolerancia +/- 1% del total de cintas</i>) Trama (<i>El mínimo valor es de 29 cintas / Valor nominal + 1 cinta</i>)		
	Peso (kg)	Arranque / Cambio de rollo	Todos los rollos que caen en el turno <i>Tolerancia (+/- 5%)</i>	Troquel Balanza Electrónica	

Fuente: Elaboración propia

4.5.6. Validación del sistema de medición

Para continuar con el desarrollo de la metodología Six Sigma, es necesario validar si el sistema de medición es bueno, así como, asegurar de que los datos salientes del proceso sean consistente y libre de errores sea por factores humanos, sistemas manuales o automatizados, por ello se utiliza la herramienta Estudio R&R largo

(Gage R&R) para evaluar la receptibilidad y reproducibilidad en forma separada. “En los estudios R&R se evalúa de modo experimental qué parte de la variabilidad total observadas en los datos es atribuible al error de medición; además, permite cuantificar si este error es mucho o poco en comparación con la variabilidad del producto y con las tolerancias de la característica de calidad que se mide” (Gutierrez y De la Vara, 2013, p. 281).

4.5.6.1. Estudio de R&R del proceso de extrusión

a) Para validar el sistema de medición del denier, se tomó una muestra de 24 bobinas de tres máquinas diferentes, y se solicitó a tres inspectores medir el denier de dichas muestras dos veces de manera aleatoria, en el cuadro 10 se muestra los resultados.

Cuadro 10: Medición del denier a 24 bobinas, por tres inspectores de calidad.

N° Bobina	Fecha	Turno	Extrusora	Inspector Alain		Inspector Raúl		Inspector Franco	
				Med_1	Med_2	Med_1	Med_2	Med_1	Med_2
1	1-Jun	Día	Starex	888	908	919	899	890	909
2	3-Jun	Día	Lohia	889	886	863	860	891	843
3	8-Jun	Día	Starex	778	780	776	773	800	789
4	9-Jun	Día	Axisplast	745	750	764	774	779	763
5	10-Jun	Día	Starex	845	855	848	834	855	849
6	10-Jun	Noche	Starex	903	921	910	908	900	911
7	11-Jun	Día	Starex	793	807	801	803	814	800
8	11-Jun	Día	Starex	942	938	936	912	935	960
9	12-Jun	Noche	Axisplast	772	795	793	781	794	800
10	13-Jun	Noche	Starex	874	902	892	899	904	916
11	14-Jun	Día	Starex	1138	1126	1111	1105	1117	1125
12	14-Jun	Noche	Lohia	855	819	840	832	839	810
13	15-Jun	Día	Starex	672	682	673	686	686	680
14	15-Jun	Día	Starex	944	939	927	930	915	922
15	15-Jun	Día	Starex	869	866	858	848	854	839
16	17-Jun	Noche	Starex	720	730	711	728	724	722
17	17-Jun	Noche	Starex	1127	1113	1095	1093	1098	1152
18	18-Jun	Noche	Starex	1003	1005	991	1006	1010	1007
19	21-Jun	Día	Starex	970	955	970	973	957	974
20	21-Jun	Noche	Starex	948	953	966	942	952	965

21	23-Jun	Día	Starex	871	862	851	866	888	870
22	26-Jun	Noche	Starex	614	605	610	602	612	602
23	28-Jun	Día	Starex	1016	1011	1024	1029	1032	975
24	28-Jun	Noche	Starex	805	814	853	810	808	797

Fuente: Elaboración propia

Se aplica el estudio de R&R cruzado, del software Minitab, a los datos del cuadro 7, donde se obtiene el informe estadístico (ver figura 20) y reporte gráfico (ver figura 21).

Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

Tabla ANOVA de dos factores con interacción

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Bobina_D	23	2100149	91310.8	506.183	0.000
Inspector_D	2	296	148.0	0.820	0.447
Bobina_D * Inspector_D	46	8298	180.4	1.154	0.289
Repetibilidad	72	11255	156.3		
Total	143	2119998			

α para eliminar el término de interacción = 0.05

Tabla ANOVA dos factores sin interacción

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Bobina_D	23	2100149	91310.8	551.050	0.000
Inspector_D	2	296	148.0	0.893	0.412
Repetibilidad	118	19553	165.7		
Total	143	2119998			

R&R del sistema de medición

Componentes de la varianza

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	165.7	1.08
Repetibilidad	165.7	1.08
Reproducibilidad	0.0	0.00
Inspector_D	0.0	0.00
Parte a parte	15190.9	98.92
Variación total	15356.6	100.00

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	12.873	77.235	10.39
Repetibilidad	12.873	77.235	10.39
Reproducibilidad	0.000	0.000	0.00
Inspector_D	0.000	0.000	0.00
Parte a parte	123.251	739.507	99.46
Variación total	123.922	743.529	100.00

Número de categorías distintas = 13

R&R del sistema de medición para Denier

Figura 20: Informe estadístico del estudio de R&R del sistema de medición del denier

Fuente: Elaboración propia

Del informe estadístico (figura 20), se tiene las siguientes conclusiones:

- En la tabla ANOVA, se identifica las fuentes de variabilidad que son significativas; en este caso, de las tres fuentes (Bobina_D, Inspector_D y la interacción Bobina_D*Inspector_D), el valor p de la interacción es 0.289 (mayor a 0.05); es decir, la variación de la interacción no es significativa.
- En la tabla de Componentes de la varianza, se evalúa la variación de cada fuente del error con la variación total; en este caso, la variación entre las partes es 98.92%, mayor al error del Gage R&R Total (1.08%); por lo tanto, la gran parte de la variación se debe a las diferencias entre las partes.
- En la tabla Evaluación del sistema de medición, se compara la variación del sistema de medición con la variación total; en este caso, el %Var. estudio (%VE) del Gage R&R Total es 10.39%, menor a 30%. De acuerdo al grupo AIAG (Automotive Industry Action Group), establece los criterios de aceptabilidad según el valor del %VE (ver cuadro 11).

Cuadro 11: Criterios de aceptabilidad para el número de categorías distinguibles

% Var.estudio (%VE)	Criterios de aceptabilidad
Menor a 10%	El sistema de medición es excelente
Entre 10% y 30%	El sistema de medición es aceptable dependiendo la aplicación, el costo del sistema de medición u otros factores
Mayor a 30%	El sistema de medición no es aceptable

Fuente: Extraída de la página <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/measurement-system-analysis/supporting-topics/gage-r-r-analyses/is-my-measurement-system-acceptable/>

- El Número de categorías distintas indica, el número de grupos diferentes que el sistema es capaz de distinguir; según el manual de análisis de sistema de

medición publicado por AIAG, sugiere que sea 5 a más categorías; en este caso, es 13; por lo tanto, el sistema de medición es aceptable.

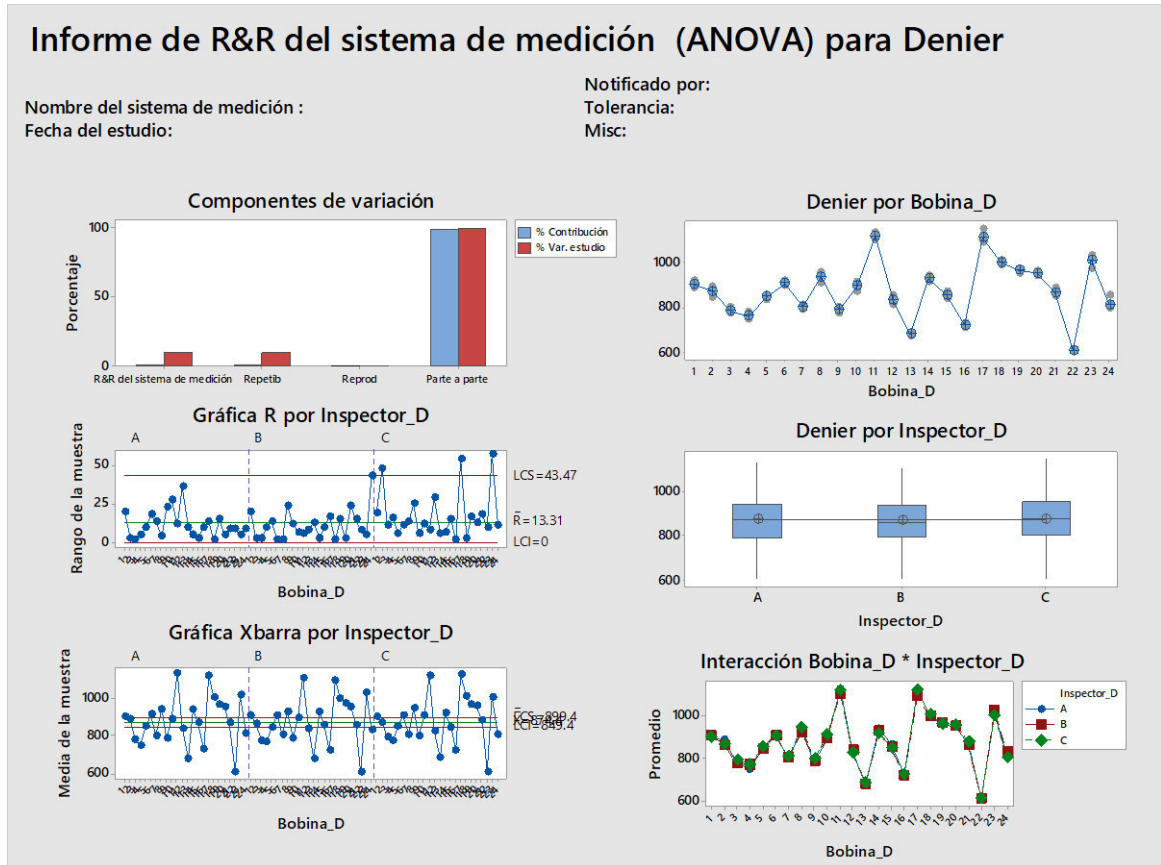


Figura 21: Reporte gráfico del estudio de R&R del sistema de medición del denier
Fuente: Elaboración propia

Respecto al reporte gráfico (figura 21), se tiene las siguientes conclusiones:

- La gráfica de Componentes de variación muestra, mediante barras, el componente de mayor variación; en este caso, el componente con mayor variación es Parte a parte, por lo tanto, el sistema de medición es estable.
- En la gráfica interacción Bobina_D*Inspector_D, se observa que las líneas de los inspectores coinciden entre sí, es decir, los tres inspectores miden de manera similar.

b) Para validar el sistema de medición de la resistencia, se tomó las mismas bobinas que se utilizaron en la prueba anterior y se solicitó a los tres inspectores a medir la resistencia dos veces, de manera aleatoria. En el cuadro 12 se muestran los resultados.

Cuadro 12: Medición de la resistencia a 24 bobinas, por tres inspectores de calidad

N° Bobina	Fecha	Turno	Extrusora	Inspector Alain		Inspector Raúl		Inspector Franco	
				Med_1	Med_2	Med_1	Med_2	Med_1	Med_2
1	1-Jun	Día	Starex	4.59	4.69	4.72	4.64	4.67	4.67
2	3-Jun	Día	Lohia	4.63	4.57	4.57	4.55	4.68	4.56
3	8-Jun	Día	Starex	4.36	4.31	4.34	4.28	4.39	4.37
4	9-Jun	Día	Axisplast	3.75	3.74	3.72	3.82	3.84	3.82
5	10-Jun	Día	Starex	4.55	4.58	4.61	4.54	4.62	4.54
6	10-Jun	Noche	Starex	4.71	4.67	4.70	4.72	4.64	4.76
7	11-Jun	Día	Starex	4.35	4.39	4.39	4.35	4.38	4.33
8	11-Jun	Día	Starex	5.26	5.25	5.24	5.13	5.17	5.19
9	12-Jun	Noche	Axisplast	3.91	4.00	4.01	4.01	3.97	3.90
10	13-Jun	Noche	Starex	4.73	4.78	4.70	4.65	4.66	4.79
11	14-Jun	Día	Starex	6.30	6.31	6.25	6.25	6.24	6.33
12	14-Jun	Noche	Lohia	4.00	3.97	3.98	4.05	4.11	4.01
13	15-Jun	Día	Starex	4.16	4.19	4.17	4.22	4.27	4.29
14	15-Jun	Día	Starex	4.88	4.89	4.81	4.87	4.77	4.85
15	15-Jun	Día	Starex	4.61	4.56	4.51	4.49	4.56	4.51
16	17-Jun	Noche	Starex	4.07	4.07	4.10	4.13	4.09	4.12
17	17-Jun	Noche	Starex	6.18	6.15	6.14	6.12	6.05	6.14
18	18-Jun	Noche	Starex	5.14	5.19	5.22	5.25	5.21	5.23
19	21-Jun	Día	Starex	5.04	5.10	5.13	5.04	5.05	5.06
20	21-Jun	Noche	Starex	4.66	4.66	4.69	4.67	4.73	4.78
21	23-Jun	Día	Starex	4.55	4.53	4.49	4.53	4.56	4.53
22	26-Jun	Noche	Starex	4.05	3.94	4.06	3.99	4.02	3.94
23	28-Jun	Día	Starex	5.41	5.47	5.41	5.42	5.54	5.43
24	28-Jun	Noche	Starex	4.48	4.57	4.49	4.58	4.48	4.44

Fuente: Elaboración propia

Se aplica el estudio de R&R cruzado a los datos del cuadro 12, donde se obtiene el informe estadístico (ver figura 22) y reporte gráfico (ver figura 23).

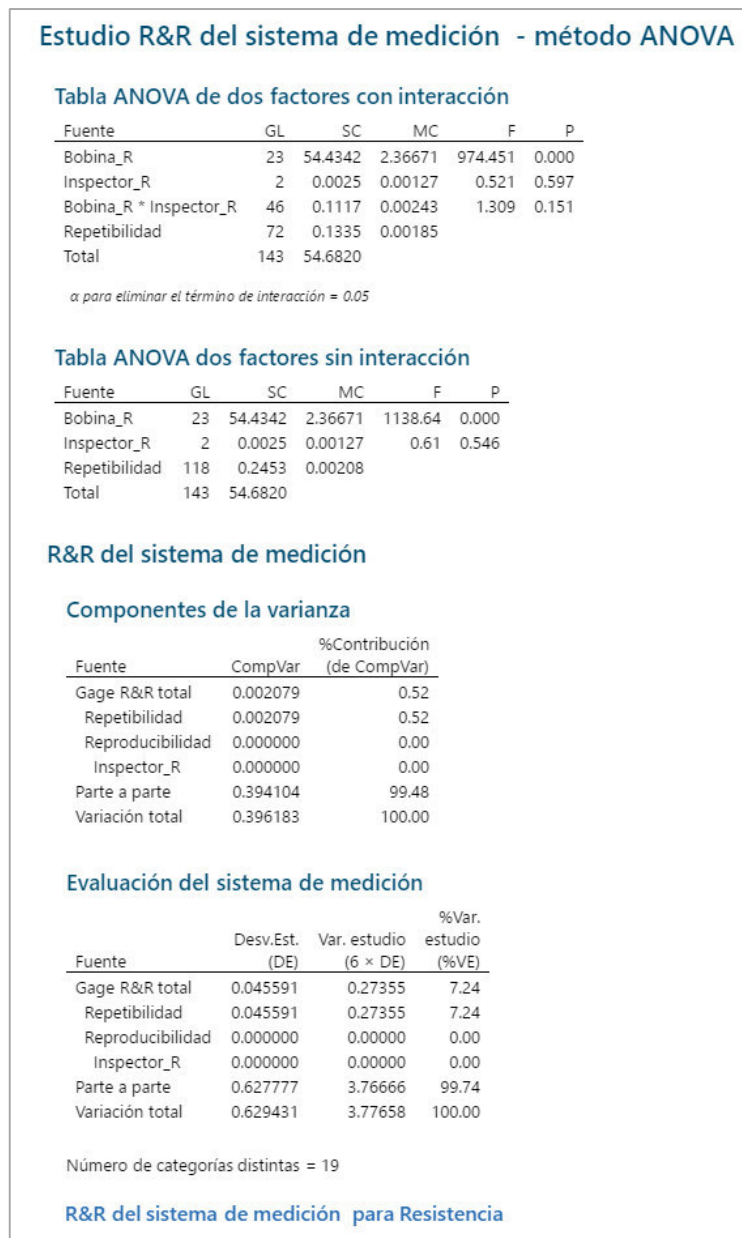


Figura 22: Informe estadístico del estudio de R&R del sistema de medición de la resistencia

Fuente: Elaboración propia

Del informe estadístico (figura 22), se tiene las siguientes conclusiones:

- El valor p de la interacción Bobina_R*Inspector_R es 0.151 (mayor a 0.05); por lo tanto, esta interacción no es significativa.
- El % Contribución de Parte a parte es 99.48%, mayor que el % Contribución de Gage R&R Total (0.52%); por lo tanto, gran parte de la variación se debe a las diferencias entre las partes.

- El %Var. estudio del Gage R&R Total es 7.24%, menor a 10% por lo tanto el sistema de medición es aceptable.
- El número de categorías distintas es 19, por lo tanto, el sistema de medición es aceptable.

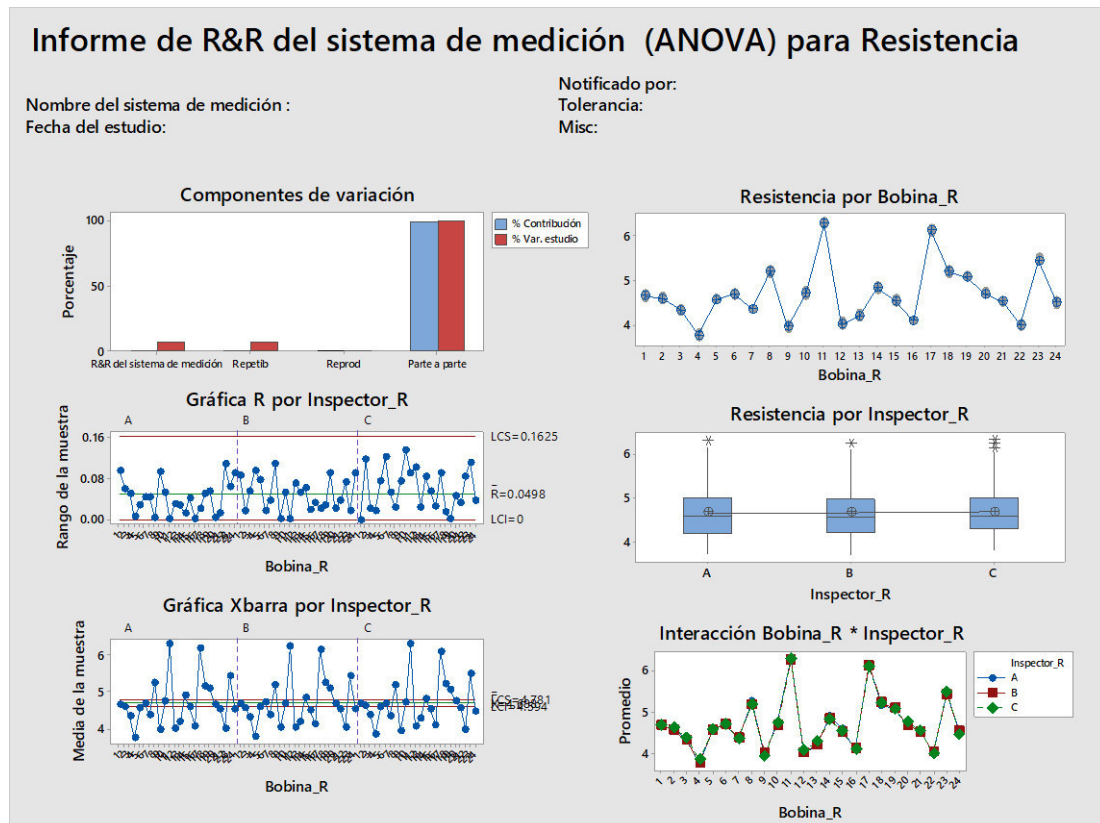


Figura 23: Reporte gráfico del estudio de R&R del sistema de medición de la resistencia

Fuente: Elaboración propia

Respecto al reporte gráfico (figura 23), se tiene las siguientes conclusiones:

- La variación más grande de los componentes es Parte a parte, por lo tanto, el sistema de medición es estable.
- Los puntos de la Gráfica R por Inspector _R se encuentran dentro de los límites de control, por lo que los inspectores miden correctamente, de manera constante.

- En la gráfica interacción Bobina_R*Inspector_R se observa que las líneas de los tres inspectores coinciden entre sí, es decir, los tres inspectores miden de manera similar.

c) Para validar el sistema de medición de la elongación, se tomó las mismas bobinas que se utilizaron en la prueba anterior y se solicitó a tres inspectores a medir la elongación dos veces, de manera aleatoria. En el cuadro 13 se muestran los resultados.

Cuadro 13: Medición de la elongación a 24 bobinas, por tres inspectores de calidad

N° Bobina	Fecha	Turno	Extrusora	Inspector Alain		Inspector Raúl		Inspector Franco	
				Med_1	Med_2	Med_1	Med_2	Med_1	Med_2
1	1-Jun	Día	Starex	20.42%	20.90%	20.12%	21.49%	20.73%	20.78%
2	3-Jun	Día	Lohia	22.64%	22.13%	21.51%	21.51%	22.45%	22.00%
3	8-Jun	Día	Starex	20.38%	20.62%	20.61%	21.10%	21.82%	21.78%
4	9-Jun	Día	Axisplast	21.10%	20.37%	20.30%	20.27%	20.08%	20.38%
5	10-Jun	Día	Starex	27.57%	27.87%	27.43%	26.64%	27.27%	27.02%
6	10-Jun	Noche	Starex	23.48%	23.28%	23.71%	23.26%	24.06%	22.70%
7	11-Jun	Día	Starex	26.08%	25.54%	25.19%	25.64%	25.82%	25.78%
8	11-Jun	Día	Starex	21.68%	21.01%	22.18%	21.44%	21.46%	21.43%
9	12-Jun	Noche	Axisplast	25.26%	25.66%	25.86%	26.01%	25.11%	24.52%
10	13-Jun	Noche	Starex	20.47%	20.87%	21.69%	20.71%	20.28%	20.42%
11	14-Jun	Día	Starex	21.95%	21.19%	21.33%	20.54%	21.94%	22.08%
12	14-Jun	Noche	Lohia	23.73%	24.30%	24.25%	24.78%	24.86%	24.11%
13	15-Jun	Día	Starex	25.13%	24.98%	24.81%	25.16%	23.83%	24.63%
14	15-Jun	Día	Starex	23.67%	24.78%	24.29%	25.29%	24.65%	23.92%
15	15-Jun	Día	Starex	21.77%	21.50%	22.63%	22.09%	22.24%	22.45%
16	17-Jun	Noche	Starex	20.57%	21.64%	20.47%	20.29%	20.69%	20.27%
17	17-Jun	Noche	Starex	23.09%	22.38%	23.01%	23.52%	22.29%	22.39%
18	18-Jun	Noche	Starex	24.64%	23.45%	23.39%	24.09%	24.15%	23.40%
19	21-Jun	Día	Starex	24.66%	23.84%	24.62%	24.16%	25.23%	25.25%
20	21-Jun	Noche	Starex	23.82%	24.41%	24.38%	24.39%	23.37%	23.78%
21	23-Jun	Día	Starex	20.95%	20.68%	20.77%	21.47%	20.34%	21.41%
22	26-Jun	Noche	Starex	21.40%	21.07%	21.37%	22.38%	21.97%	21.24%
23	28-Jun	Día	Starex	22.07%	20.70%	21.37%	21.76%	21.58%	20.66%
24	28-Jun	Noche	Starex	21.62%	22.58%	22.47%	22.39%	21.35%	21.45%

Fuente: Elaboración propia

Se aplica el estudio de R&R cruzado a los datos del cuadro 13, donde se obtienen el informe estadístico (ver figura 24) y reporte gráfico (ver figura 25).

Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

Tabla ANOVA de dos factores con interacción

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Bobina_E	23	506.273	22.0119	71.5231	0.000
Inspector_E	2	0.481	0.2406	0.7817	0.464
Bobina_E * Inspector_E	46	14.157	0.3078	1.5252	0.053
Repetibilidad	72	14.528	0.2018		
Total	143	535.439			

α para eliminar el término de interacción = 0.05

Tabla ANOVA dos factores sin interacción

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Bobina_E	23	506.273	22.0119	90.5487	0.000
Inspector_E	2	0.481	0.2406	0.9896	0.375
Repetibilidad	118	28.685	0.2431		
Total	143	535.439			

R&R del sistema de medición

Componentes de la varianza

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	0.24309	6.28
Repetibilidad	0.24309	6.28
Reproducibilidad	0.00000	0.00
Inspector_E	0.00000	0.00
Parte a parte	3.62813	93.72
Variación total	3.87122	100.00

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0.49305	2.9583	25.06
Repetibilidad	0.49305	2.9583	25.06
Reproducibilidad	0.00000	0.0000	0.00
Inspector_E	0.00000	0.0000	0.00
Parte a parte	1.90476	11.4286	96.81
Variación total	1.96754	11.8053	100.00

Número de categorías distintas = 5

R&R del sistema de medición para Elongación

Figura 24: Informe estadístico del estudio de R&R del sistema de medición de la elongación

Fuente: Elaboración propia

Del informe estadístico (figura 24), se tiene las siguientes conclusiones:

- El valor p de la interacción Bobina_E*Inspector_E es 0.053 (mayor a 0.05) por lo tanto no es significativa esta variación.

- El % Contribución de Parte a parte es 93.72%, mayor que el % Contribución de Gage R&R Total (6.28%); por lo tanto, gran parte de la variación se debe a las diferencias entre las partes.
- El %Var. estudio del Gage R&R Total es 25.06%, menor a 30% por lo tanto el sistema de medición es aceptable.
- El número de categorías distintas es 5, por lo tanto, el sistema de medición es aceptable.

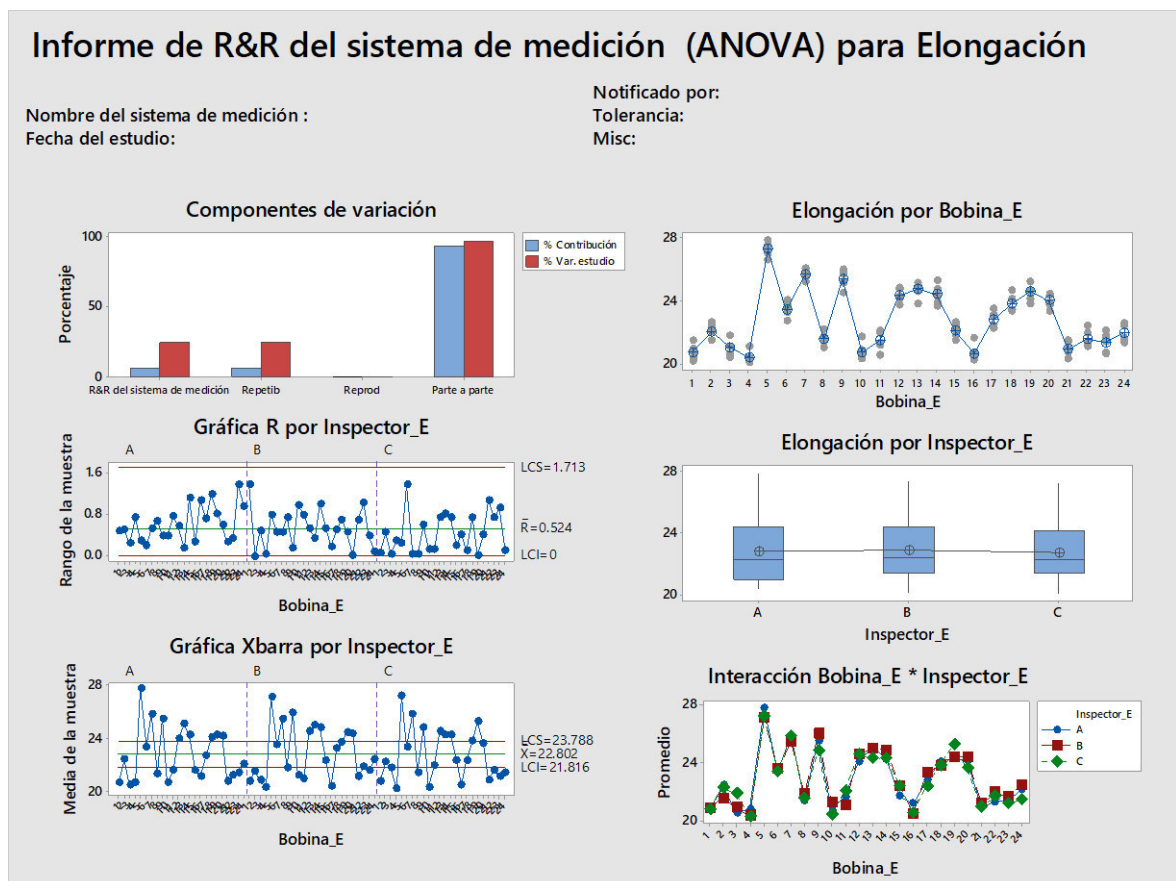


Figura 25:Reporte gráfico del estudio de R&R del sistema de medición de la elongación

Fuente: Elaboración propia

Respecto al reporte gráfico (figura 25), se tiene las siguientes conclusiones:

- La variación más grande de los componentes es Parte a parte, por lo tanto, el sistema de medición es estable.

- Los puntos de la Gráfica R por Inspector_E se encuentra dentro de los límites de control, por lo que los inspectores miden correctamente, de manera constante.
- En la gráfica interacción Bobina_E*Inspector_E se observa que las líneas de los tres inspectores coinciden entre sí, es decir, los tres inspectores miden de manera similar.

d) Para validar el sistema de medición de la tenacidad, se tomó las mismas bobinas que se utilizaron en la prueba anterior y se solicitó a tres inspectores a medir la tenacidad dos veces, de manera aleatoria. En el cuadro 14 se muestran los resultados.

Cuadro 14: Medición de la tenacidad a 24 bobinas, por tres inspectores de calidad

N° Bobina	Fecha	Turno	Extrusora	Inspector Alain		Inspector Raúl		Inspector Franco	
				Med_1	Med_2	Med_1	Med_2	Med_1	Med_2
1	1-Jun	Día	Starex	5.17	5.16	5.14	5.16	5.16	5.14
2	3-Jun	Día	Lohia	5.21	5.25	5.29	5.29	5.25	5.41
3	8-Jun	Día	Starex	5.60	5.52	5.59	5.54	5.49	5.54
4	9-Jun	Día	Axisplast	5.03	4.99	4.87	4.93	4.93	5.01
5	10-Jun	Día	Starex	5.39	5.36	5.44	5.44	5.40	5.35
6	10-Jun	Noche	Starex	5.22	5.07	5.17	5.20	5.15	5.22
7	11-Jun	Día	Starex	5.48	5.44	5.48	5.42	5.38	5.41
8	11-Jun	Día	Starex	5.58	5.60	5.60	5.63	5.53	5.41
9	12-Jun	Noche	Axisplast	5.06	5.03	5.06	5.14	5.00	4.87
10	13-Jun	Noche	Starex	5.41	5.30	5.27	5.17	5.15	5.23
11	14-Jun	Día	Starex	5.54	5.60	5.63	5.66	5.59	5.63
12	14-Jun	Noche	Lohia	4.88	4.85	4.74	4.87	4.90	4.85
13	15-Jun	Día	Starex	6.19	6.14	6.19	6.15	6.22	6.31
14	15-Jun	Día	Starex	5.17	5.21	5.19	5.24	5.21	5.26
15	15-Jun	Día	Starex	5.30	5.27	5.26	5.30	5.34	5.37
16	17-Jun	Noche	Starex	5.65	5.57	5.76	5.67	5.65	5.70
17	17-Jun	Noche	Starex	5.48	5.53	5.51	5.60	5.51	5.43
18	18-Jun	Noche	Starex	5.12	5.16	5.27	5.22	5.16	5.19
19	21-Jun	Día	Starex	5.20	5.34	5.29	5.18	5.28	5.19
20	21-Jun	Noche	Starex	4.92	4.89	4.86	4.96	4.97	4.95
21	23-Jun	Día	Starex	5.22	5.26	5.28	5.23	5.14	5.21
22	26-Jun	Noche	Starex	6.60	6.52	6.66	6.63	6.57	6.54

23	28-Jun	Día	Starex	5.32	5.41	5.28	5.27	5.37	5.26
24	28-Jun	Noche	Starex	5.57	5.62	5.57	5.65	5.54	5.57

Fuente: Elaboración propia

Se aplica el estudio de R&R cruzado a los datos del cuadro 14, donde se obtienen el informe estadístico (ver figura 26) y reporte gráfico (ver figura 27).

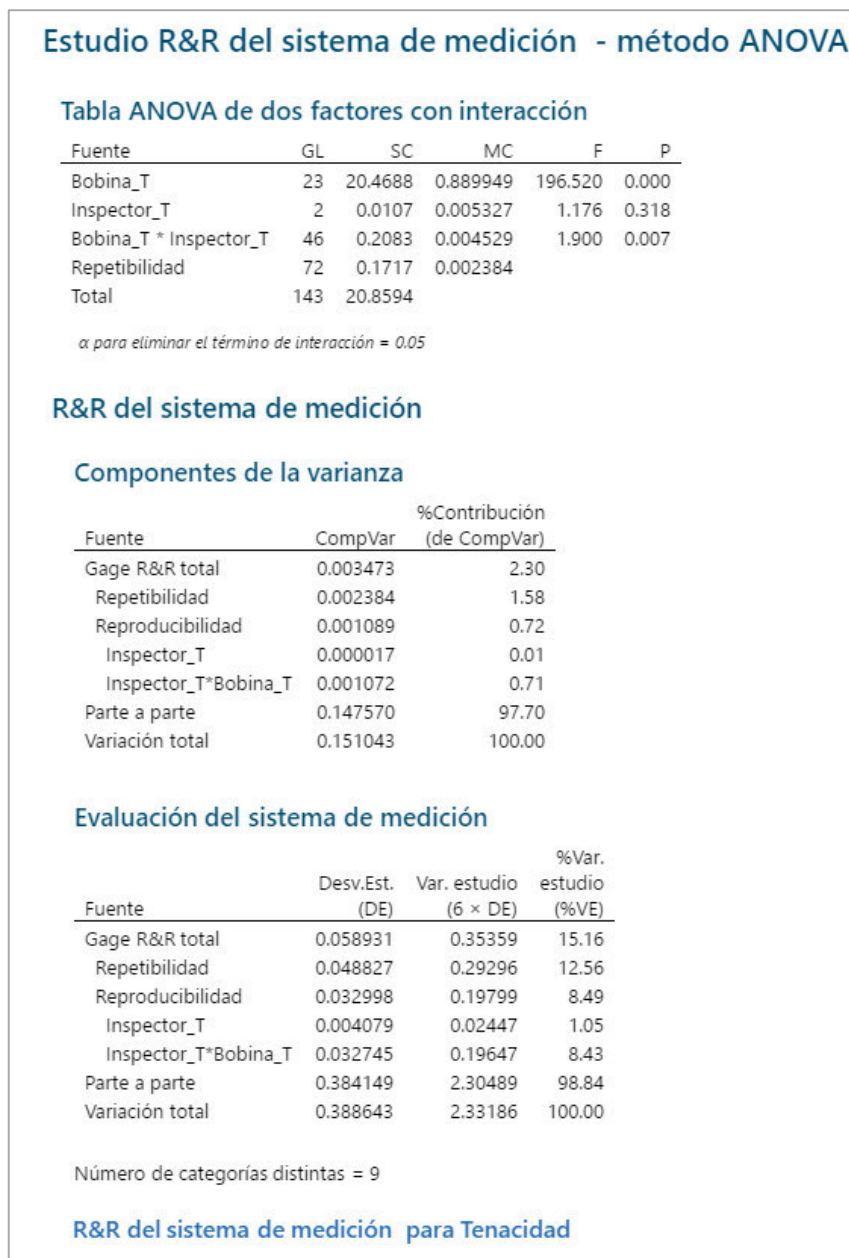


Figura 26:Informe estadístico del estudio de R&R del sistema de medición de la tenacidad

Fuente: Elaboración propia

Del informe estadístico (figura 26), se tiene las siguientes conclusiones:

- El % Contribución de Parte a parte es 97.70%, mayor que el % Contribución Gage R&R Total (6.28%); por lo tanto, gran parte de la variación se debe a las diferencias entre las partes.
- El %Var. estudio del Gage R&R Total es 15.16%, menor a 30% por lo tanto el sistema de medición aceptable.
- El número de categorías distintas es 9, por lo tanto, el sistema de medición es aceptable.

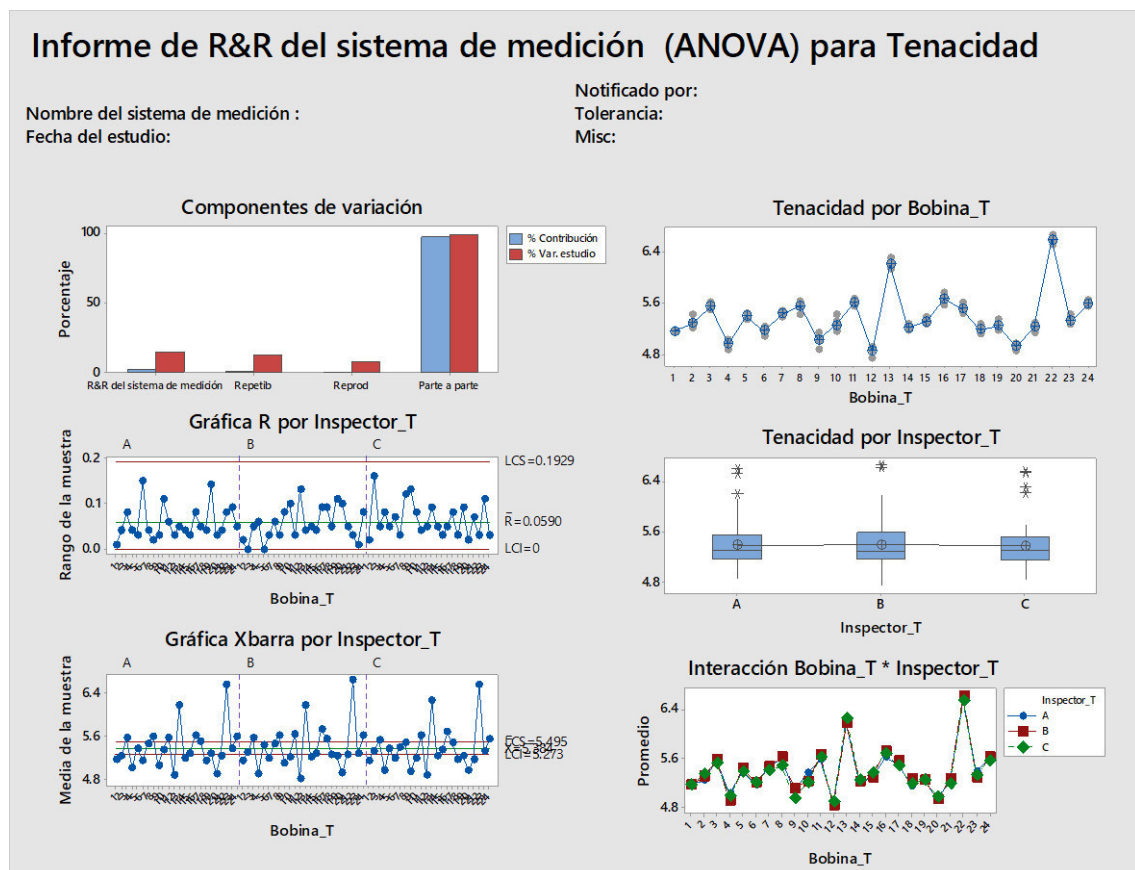


Figura 27: Reporte gráfico del Estudio de R&R del sistema de medición de la tenacidad

Fuente: Elaboración propia

Respecto al reporte gráfico (figura 27), se tiene las siguientes conclusiones:

- La variación más grande de los componentes es Parte a parte, por lo tanto, el sistema de medición es estable.
- Los puntos de la Gráfica R por Inspector_T se encuentran dentro de los límites de control, por lo que los inspectores miden correctamente, de manera constante.
- En la gráfica interacción Bobina_T*Inspector_T se observa que las líneas de los tres inspectores coinciden entre sí, es decir, los tres inspectores miden de manera similar.

En el cuadro 15, se resume los resultados obtenidos del estudio R&R cruzado aplicados al sistema de medición del denier, resistencia, elongación y tenacidad.

Cuadro 15: Resultado de la validación del sistema de medición en el proceso de extrusión

Medición	% Contribución entre parte-parte > % Contribución entre Gage R&R total	% Var.estudio del Gage R&R Total < 30%	N° de categorías distinguibles	Sistema de medición
Resistencia	Sí, 99.48% > 0.52%	Sí, 7.24%.	19	Excelente
Elongación	Sí, 93.72% > 6.28%	Sí, 25.06%.	5	Aceptable
Tenacidad	Sí, 97.70% > 2.30%	Sí, 15.16%.	9	Aceptable
Denier	Sí, 98.92% > 1.08%	Sí, 10.39%.	13	Aceptable

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, se puede continuar con el estudio debido a que se tiene confiabilidad en el sistema de medición.

4.5.6.2. Estudio de R&R del proceso de telares

a) Para validar el sistema de medición del ancho, se escogió aleatoriamente 10 telares y se solicitó a tres inspectores de calidad, que midan el ancho de la manga dos veces de manera aleatoria. En el cuadro 16 se muestra los resultados obtenidos.

Cuadro 16: Medición del ancho a 10 telares, por tres inspectores de calidad

N° Telar	Cod_Producto	Inspector Alain		Inspector Raúl		Inspector Franco	
		Med_1	Med_2	Med_1	Med_2	Med_1	Med_2
SL6-02	2026115	60.8	61.1	61.2	61.0	61.0	60.6
SL6-05	2010700	51.0	51.1	51.2	51.0	50.4	50.8
SL6-13	2011042	54.7	54.6	54.8	54.8	54.6	54.6
SL6-16	2026735	61.6	61.7	61.3	61.3	61.0	61.8
SL6-22	2012381	62.0	62.0	62.5	61.9	62.5	61.5
SL6-28	2026646	58.0	59.2	58.5	59.1	59.1	59.5
SL6-36	2011063	55.7	54.8	55.4	55.6	54.6	55.5
SL6-40	2015996	66.7	67.0	66.9	66.0	67.1	65.5
SL6-41	2022987	64.0	64.0	63.5	63.2	64.0	64.0
SL6-44	2017629	58.3	59.0	59.0	59.0	59.1	59.0

Fuente: Elaboración propia

Se aplica el estudio de R&R cruzado a los datos del cuadro 16, donde se obtiene el informe estadístico (ver figura 28) y reporte gráfico (ver figura 29).

Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

Tabla ANOVA de dos factores con interacción

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Telar_A	9	1173.49	130.388	984.888	0.000
Inspector_A	2	0.04	0.018	0.140	0.871
Telar_A * Inspector_A	18	2.38	0.132	0.780	0.706
Repetibilidad	30	5.09	0.170		
Total	59	1181.01			

α para eliminar el término de interacción = 0.05

Tabla ANOVA dos factores sin interacción

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Telar_A	9	1173.49	130.388	836.939	0.000
Inspector_A	2	0.04	0.018	0.119	0.888
Repetibilidad	48	7.48	0.156		
Total	59	1181.01			

R&R del sistema de medición

Componentes de la varianza

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	0.1558	0.71
Repetibilidad	0.1558	0.71
Reproducibilidad	0.0000	0.00
Inspector_A	0.0000	0.00
Parte a parte	21.7054	99.29
Variación total	21.8612	100.00

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0.39470	2.3682	8.44
Repetibilidad	0.39470	2.3682	8.44
Reproducibilidad	0.00000	0.0000	0.00
Inspector_A	0.00000	0.0000	0.00
Parte a parte	4.65891	27.9534	99.64
Variación total	4.67559	28.0536	100.00

Número de categorías distintas = 16

R&R del sistema de medición para Ancho

Figura 28: Informe estadístico del estudio de R&R del sistema de medición para el ancho

Fuente: Elaboración propia

Respecto al informe estadístico (figura 28), se tiene las siguientes conclusiones:

- El valor p de la interacción Telar_A*Inspector_A es 0.706 (mayor a 0.05), por lo tanto, no es significativa esta variación.

- La % Contribución de Parte a parte es 99.29%, mayor que el % Contribución de Gage R&R Total (0.71%); por lo tanto, gran parte de la variación se debe a las diferencias entre las partes.
- El %Var. estudio del Gage R&R Total es 8.44%, menor a 10%; por lo tanto, el sistema de medición es excelente.
- El número de categorías distintas es 16, por lo tanto, el sistema de medición es aceptable.

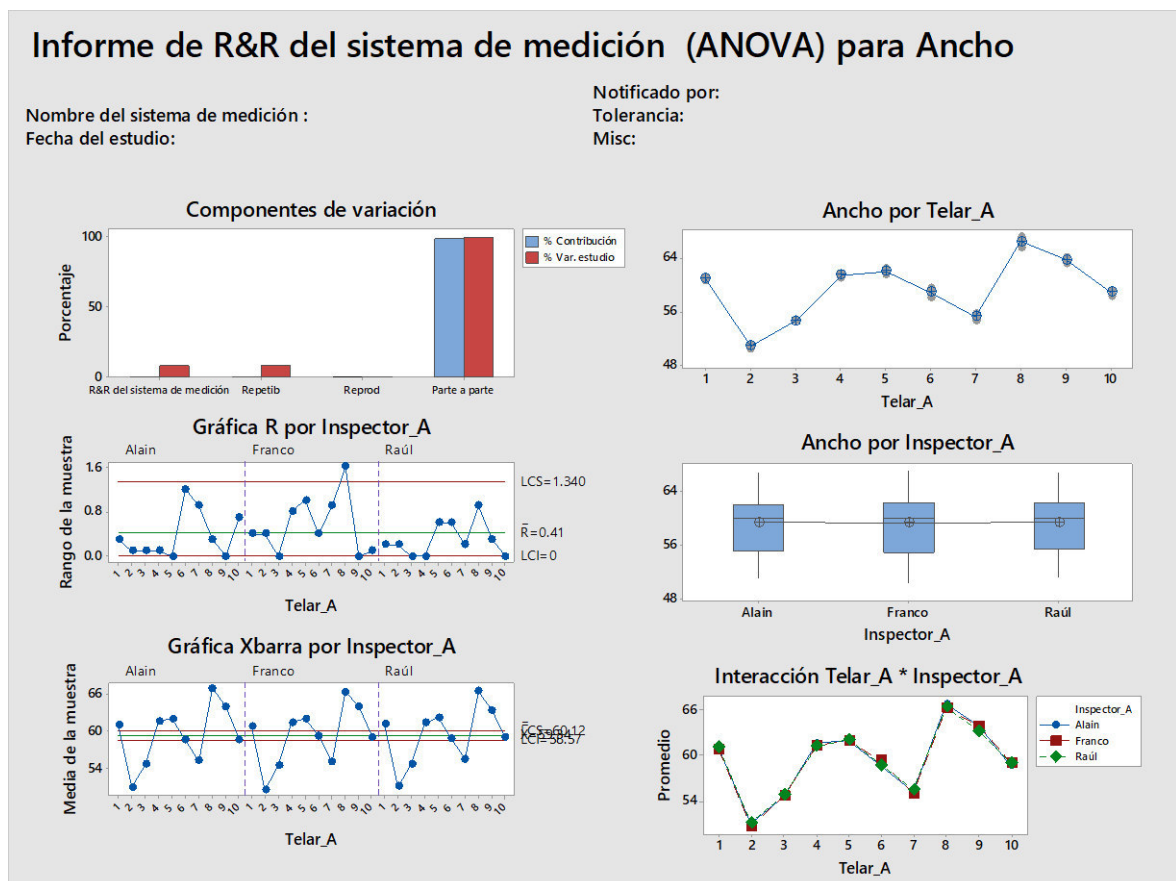


Figura 29:Reporte gráfico del estudio de R&R del sistema de medición para el ancho

Fuente: Elaboración propia

Respecto al reporte gráfico (figura 29), se tiene las siguientes conclusiones:

- La variación más grande de los componentes es Parte a parte, por lo tanto, el sistema de medición es estable.

- En la gráfica interacción Telar_A*Inspector_A se observa que las líneas de los tres inspectores coinciden entre sí, es decir, los tres inspectores miden de manera similar.

b) Para validar el sistema de medición del gramaje, se tomó las muestras anteriores y se solicitó a tres inspectores de calidad que midan el gramaje dos veces, de manera aleatoria. En el cuadro 17 se muestran los resultados obtenidos.

Cuadro 17: Medición del gramaje a 10 telares, por tres inspectores de calidad

N° Telar	Cod_Producto	Inspector Alain		Inspector Raúl		Inspector Franco	
		Med_1	Med_2	Med_1	Med_2	Med_1	Med_2
SL6-02	2026115	59.6	62.9	61.0	61.4	62.9	62.5
SL6-05	2010700	52.8	52.5	52.7	53.7	53.2	52.6
SL6-13	2011042	105.2	106.1	103.5	105.2	105.4	105.4
SL6-16	2026735	59.8	60.2	59.7	60.8	58.5	58.8
SL6-22	2012381	60.9	58.5	58.6	57.8	56.3	57.5
SL6-28	2026646	71.0	70.8	70.2	70.2	69.5	69.3
SL6-36	2011063	61.3	61.5	63.8	59.1	63.0	61.8
SL6-40	2015996	60.2	60.7	60.4	59.7	60.4	60.4
SL6-41	2022987	61.2	60.4	60.1	60.9	58.0	58.7
SL6-44	2017629	62.6	63.5	62.7	63.5	63.3	63.7

Fuente: Elaboración propia

Se aplica el estudio de R&R cruzado a los datos del cuadro 17, donde se obtienen el informe estadístico (ver figura 30) y reporte gráfico (ver figura 31).

Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

Tabla ANOVA de dos factores con interacción

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Telar_G	9	11576.3	1286.26	967.387	0.000
Inspector_G	2	3.0	1.49	1.124	0.347
Telar_G * Inspector_G	18	23.9	1.33	1.500	0.159
Repetibilidad	30	26.6	0.89		
Total	59	11629.8			

α para eliminar el término de interacción = 0.05

Tabla ANOVA dos factores sin interacción

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Telar_G	9	11576.3	1286.26	1222.16	0.000
Inspector_G	2	3.0	1.49	1.42	0.252
Repetibilidad	48	50.5	1.05		
Total	59	11629.8			

R&R del sistema de medición

Componentes de la varianza

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	1.075	0.50
Repetibilidad	1.052	0.49
Reproducibilidad	0.022	0.01
Inspector_G	0.022	0.01
Parte a parte	214.201	99.50
Variación total	215.275	100.00

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	1.0366	6.2196	7.07
Repetibilidad	1.0259	6.1553	6.99
Reproducibilidad	0.1487	0.8920	1.01
Inspector_G	0.1487	0.8920	1.01
Parte a parte	14.6356	87.8136	99.75
Variación total	14.6723	88.0336	100.00

Número de categorías distintas = 19

R&R del sistema de medición para Gramaje

Figura 30: Informe estadístico del estudio de R&R del sistema de medición del gramaje

Fuente: Elaboración propia

Respecto al informe estadístico (figura 30), se tiene las siguientes conclusiones:

- El valor p de la interacción Telar_G*Inspector_G es 0.159 (mayor a 0.05) por lo tanto no es significativa esta variación.

- El % Contribución de Parte a parte es 99.50%, mayor que el % Contribución de Gage R&R Total (0.50%); por lo tanto, gran parte de la variación se debe a las diferencias entre las partes.
- El %Var. estudio del Gage R&R Total es 7.07%, menor a 10%; por lo tanto, el sistema de medición es aceptable.
- El número de categorías distintas es 19, por lo tanto, el sistema de medición es aceptable.

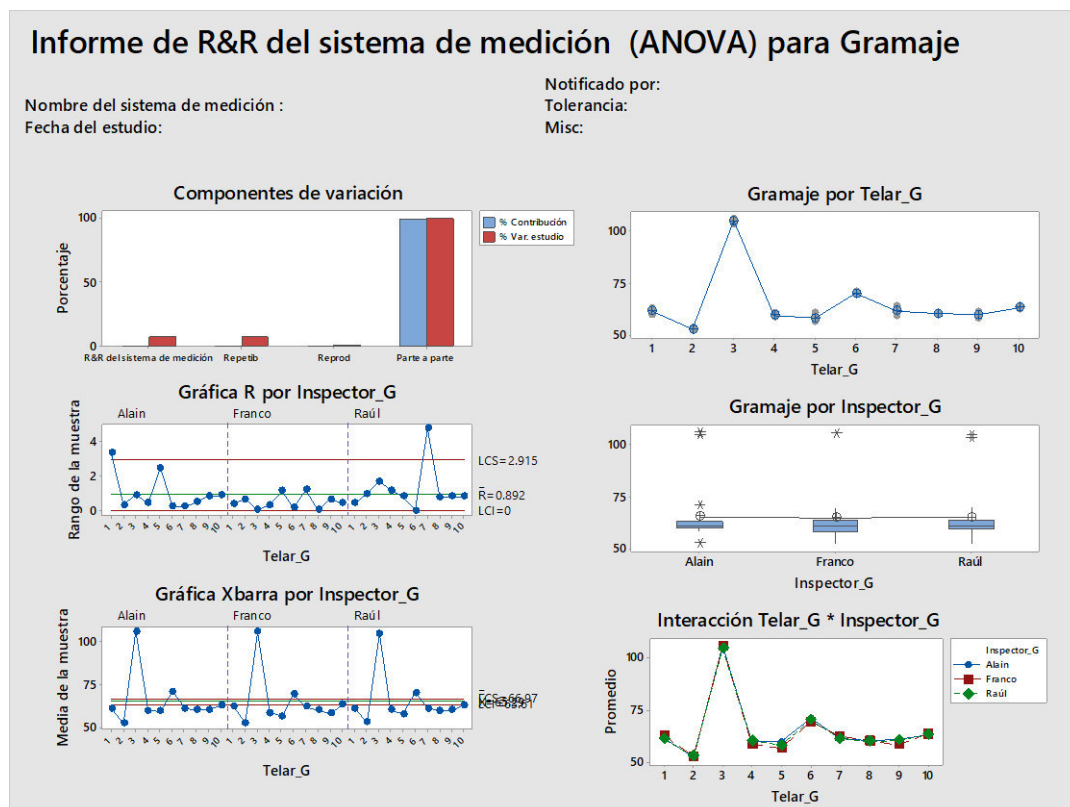


Figura 31: Reporte gráfico del estudio de R&R del sistema de medición para el gramaje

Fuente: Elaboración propia

Respecto al reporte gráfico (figura 31), se tiene las siguientes conclusiones:

- La variación más grande de los componentes es Parte a parte, por lo tanto, el sistema de medición es estable.

- En la gráfica interacción Telar_G*Inspector_G se observa que las líneas de los tres inspectores coinciden entre sí, es decir, los tres inspectores miden de manera similar.

En el cuadro 18, se resume los resultados obtenidos del estudio R&R cruzado aplicados al sistema de medición del ancho y gramaje.

Cuadro 18: Resultado de la validación del sistema de medición en el proceso de telares

Medición	% Contribución entre parte-parte > % Contribución entre Gage R&R total	% Var.estudio del Gage R&R Total < 30%	N° de categorías distinguibles	Sistema de medición
Ancho	Sí, 99.29% > 0.71%	Sí, 8.44%.	16	Excelente
Gramaje	Sí, 99.50% > 0.50%	Sí, 7.07%.	19	Excelente

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, se puede continuar con el estudio debido a que se tiene confiabilidad en el sistema de medición.

4.5.7. Estabilidad del proceso

Luego de validar que los sistemas de medición tanto en el proceso de extrusión y telares son confiables (aceptables o excelentes), ahora el objetivo es conocer si el proceso está bajo control estadístico, es decir, si es estable a través del tiempo.

Tener en cuenta de que, para conocer la capacidad del proceso, se debe saber si es estable o no; sin embargo, ambos cálculos son independientes.

4.5.7.1. Estabilidad del proceso de extrusión

a) Evaluación del denier:

La producción se basa en órdenes de producción, cada orden de producción puede tener entre 2 a 6 descargas de materiales embobinados (bobinas de rafia), dependiendo la cantidad de kilos a producir. Para el análisis, el inspector de aseguramiento de calidad escoge, de manera aleatoria, el número de orden y descarga que analizará. En cada descarga, se tienen entre 150 a 250 bobinas, esto dependerá del ancho de cinta, las bobinadoras disponibles y el ancho del cabezal. El cabezal de las extrusoras se divide en zonas y por cada zona, se obtiene hasta 4 cintas de rafia; el cabezal de la extrusora Lohia se divide en 14 zonas, Starex en 28 zonas y Axisplast en 12 zonas.

Para el análisis de la estabilidad del proceso, se toma una muestra por cada zona del cabezal; es decir, la extrusora Lohia se tiene 14 muestras; Starex, 28 muestras y Axisplast, 12 muestras las cuales conforman 1 subgrupo. Luego, por cada extrusora se toman 10 subgrupos como muestras. En los cuadros 19, 20 y 21 se muestran los valores del denier de las muestras de bobinas de cada extrusora.

Cuadro 19: Medición del denier a bobinas producidas en la extrusora Lohia.

Fecha	Hora	Color	Denier Real													
			Z 1	Z 2	Z 3	Z 4	Z 5	Z 6	Z 7	Z 8	Z 9	Z 10	Z 11	Z 12	Z 13	Z 14
17 Jun	22:30	Azul	887	845	838	825	940	837	850	822	793	890	832	825	884	810
18 Jun	00:45	Azul	847	891	882	881	844	814	853	871	872	886	824	784	841	861
18 Jun	02:35	Blanco	972	910	890	874	941	932	874	851	842	818	871	932	974	969
18 Jun	04:20	Blanco	839	890	948	882	910	834	884	862	878	863	866	873	910	848
18 Jun	06:20	Blanco	846	825	824	877	815	878	940	890	862	903	884	812	812	832
18 Jun	08:20	Blanco	887	868	868	782	857	926	839	813	849	813	868	826	903	892
18 Jun	10:30	Blanco	850	928	812	868	813	818	817	834	890	866	812	872	854	806
18 Jun	12:30	Blanco	856	841	894	864	831	813	826	879	915	842	865	853	831	884
18 Jun	14:30	Blanco	856	879	748	827	829	811	830	836	849	880	694	834	872	926
18 Jun	16:30	Rojo	891	802	877	852	873	834	890	875	852	871	880	901	811	799

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 20: Medición del denier a bobinas producidas en la extrusora Starex.

			Denier Real																											
Fecha	Hora	Color	Z 1	Z 2	Z 3	Z 4	Z 5	Z 6	Z 7	Z 8	Z 9	Z 10	Z 11	Z 12	Z 13	Z 14	Z 15	Z 16	Z 17	Z 18	Z 19	Z 20	Z 21	Z 22	Z 23	Z 24	Z 25	Z 26	Z 27	Z 28
17 Jun	22:30	Blanco	839	866	849	871	863	861	849	854	813	837	821	833	844	862	875	849	822	875	842	866	854	809	818	851	833	875	820	840
18 Jun	00:45	Blanco	973	826	887	813	856	870	847	871	862	851	867	871	887	890	877	856	866	866	888	870	878	840	864	836	824	867	846	850
18 Jun	02:35	Blanco	1006	880	887	819	850	869	840	873	881	860	863	855	867	861	851	835	858	847	861	852	864	840	855	853	861	888	851	864
18 Jun	04:20	Blanco	883	829	880	851	859	870	854	882	881	868	861	853	865	870	839	837	849	853	850	854	854	837	857	856	862	893	851	868
18 Jun	06:20	Azul	855	842	859	848	810	879	837	819	831	844	821	815	828	874	841	860	842	862	861	844	874	826	830	844	840	873	817	847
18 Jun	08:20	Azul	854	845	854	841	817	873	831	813	834	842	821	812	827	874	846	864	846	866	864	847	872	823	834	844	847	871	814	841
18 Jun	10:30	Rojo	909	860	852	887	885	859	900	892	870	862	865	876	851	836	865	872	871	860	886	861	887	868	845	863	883	820	886	882
18 Jun	12:30	Rojo	851	800	795	853	867	857	862	855	853	860	858	876	875	892	881	887	857	872	885	840	900	876	892	850	812	880	892	800
18 Jun	14:30	Rojo	841	810	797	853	866	850	858	858	853	860	853	880	879	889	877	887	853	861	891	837	897	857	886	846	805	874	884	885
18 Jun	16:30	Rojo	853	821	808	853	866	857	862	857	853	862	860	881	890	889	886	870	845	877	890	837	882	853	886	845	813	872	886	822

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 21: Medición del denier a bobinas producidas en la extrusora Axisplast.

Fecha	Hora	Color	Denier Real											
			Z 1	Z 2	Z 3	Z 4	Z 5	Z 6	Z 7	Z 8	Z 9	Z 10	Z 11	Z 12
17 Jun	22:30	Negro	778	775	768	796	789	768	775	774	814	802	765	798
18 Jun	00:45	Negro	822	798	788	801	817	792	779	776	809	814	816	828
18 Jun	02:35	Negro	799	760	744	780	773	791	792	790	792	771	786	770
18 Jun	04:20	Negro	800	780	820	782	776	821	781	772	786	792	755	776
18 Jun	06:20	Negro	781	753	741	786	760	770	767	780	773	766	761	739
18 Jun	08:20	Negro	803	731	758	789	792	739	794	745	797	740	820	743
18 Jun	10:30	Negro	816	804	768	790	801	808	791	728	804	817	841	802
18 Jun	12:30	Negro	811	798	792	770	803	791	813	818	824	806	757	749
18 Jun	14:30	Negro	816	750	754	771	761	719	788	768	769	763	757	854
18 Jun	16:30	Negro	766	755	758	788	787	793	771	777	773	768	773	791

Fuente: Elaboración propia

De los cuadros 19, 20 y 21, se observa que por cada extrusora se tiene 10 subgrupos y en cada subgrupo se tiene entre 12 a 28 muestras; debido a que el tamaño de las sub grupos son mayores a 8, se utiliza el gráfico de control I-MR-S (ver las figuras 32, 33 y 34) para monitorear la estabilidad y la variación entre y dentro de los subgrupos (cada subgrupo pertenece a lotes diferentes).

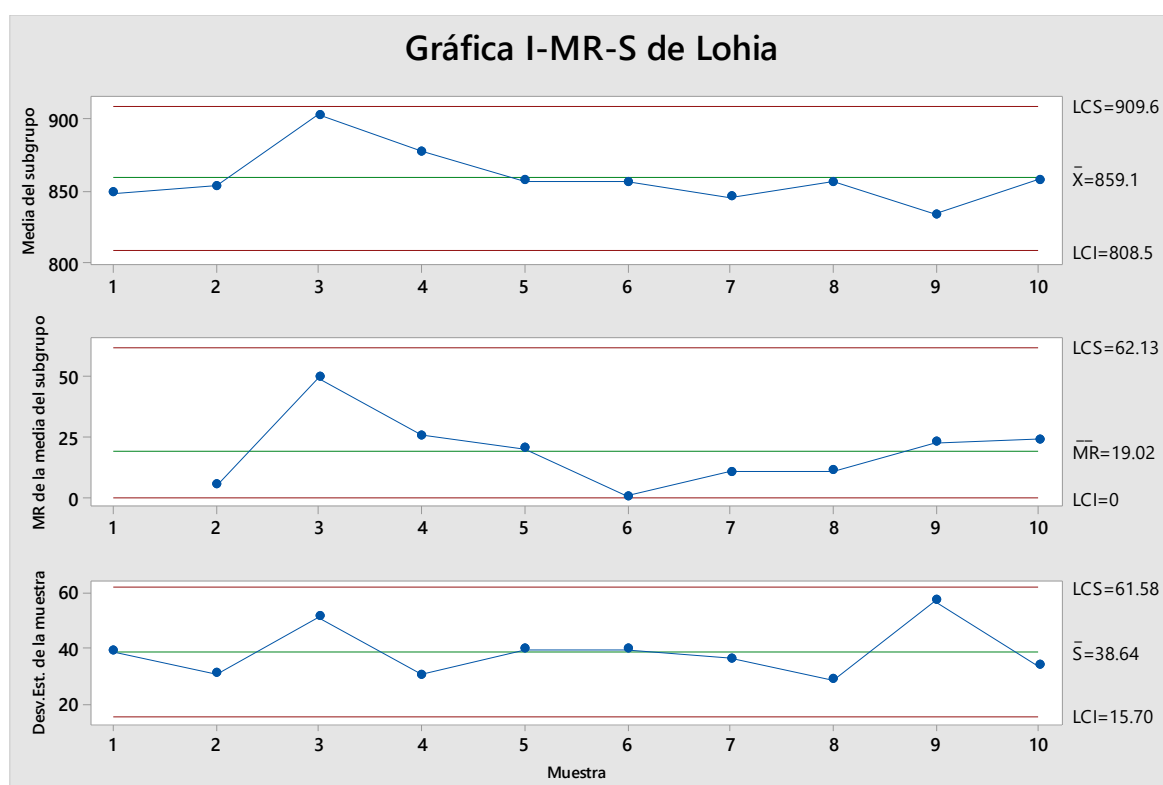


Figura 32: Gráfico de control del denier producido en la extrusora Lohia.

Fuente: Elaboración propia

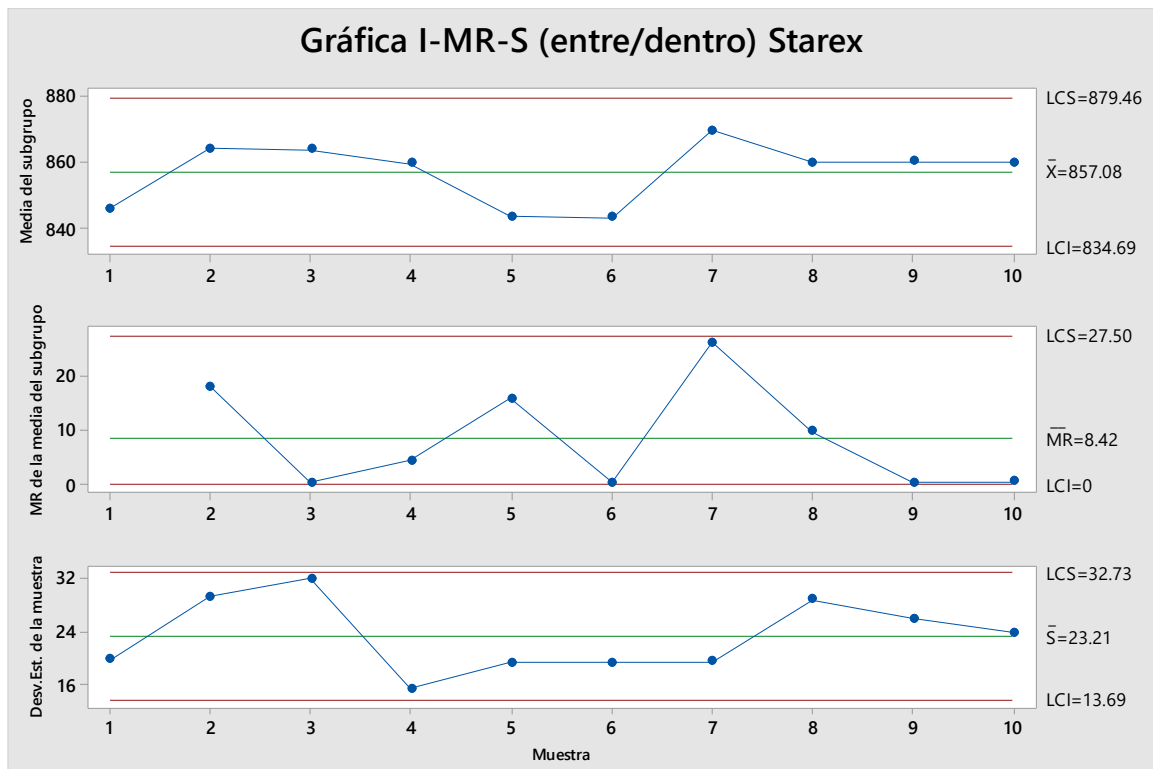


Figura 33: Gráfico de control del denier producido en la extrusora Starex.
Fuente: Elaboración propia

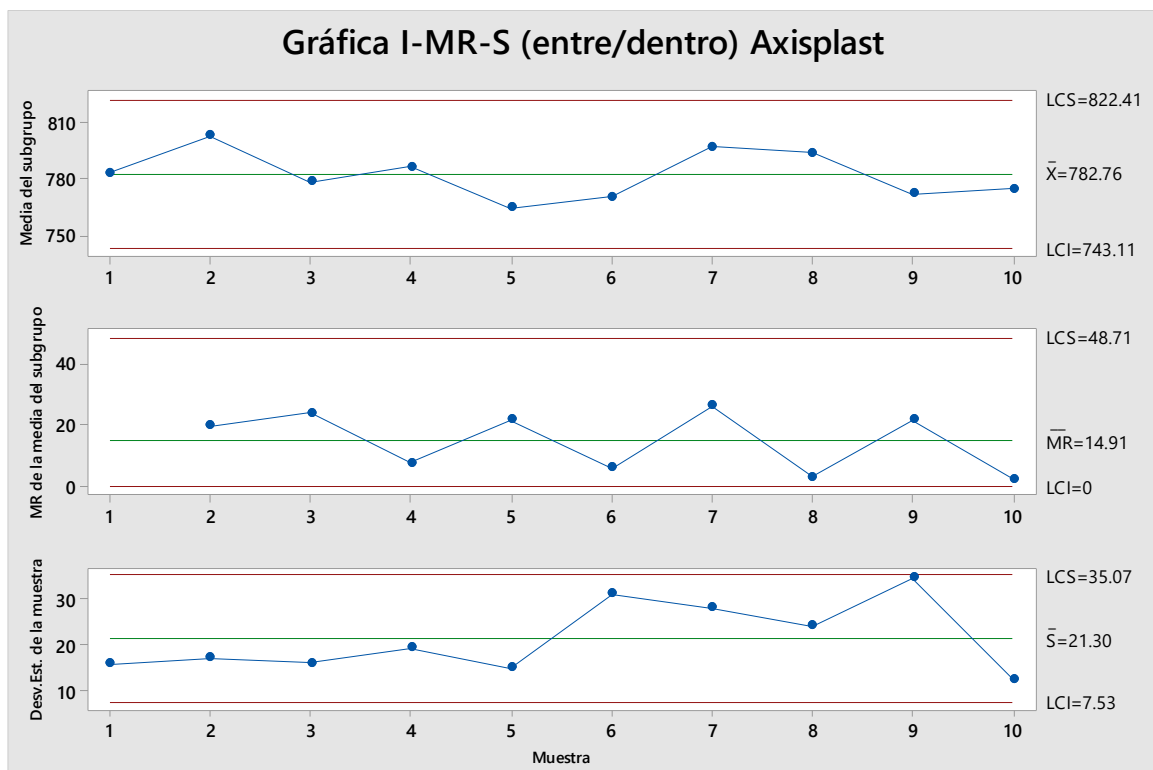


Figura 34: Gráfico de control del denier producido en la extrusora Axisplast.
Fuente: Elaboración propia

De las figuras 32, 33 y 34, se observa que:

- La gráfica Desv.Est. de la muestra (gráfica S) que representa las desviaciones estándar dentro los subgrupos; no hay puntos fuera de los límites de control; es decir, la variabilidad dentro de los subgrupos es estable y se puede continuar con el análisis.
- La gráfica MR de la muestra del subgrupo (gráfica MR) que representa la variación entre los subgrupos; no hay puntos fuera de los límites de control; es decir que la variabilidad entre los subgrupos es estable y se puede interpretar el siguiente gráfico.
- La gráfica media del subgrupo (gráfica I) evalúa la estabilidad de las medias de los promedios de los subgrupos en el tiempo; no hay puntos fuera de los límites de control; por lo tanto, se concluye que el proceso está bajo control estadístico.

b) Evaluación de la elongación, tenacidad y resistencia

Para la evaluación de las propiedades mecánicas, se toma 20 sub grupos, cada una de 6 bobinas (tamaño del sub grupo 6) por cada extrusora. En los cuadros 22, 23 y 24 se muestran los valores de la elongación, tenacidad y resistencia de las muestras de bobinas de cada extrusora.

Cuadro 22: Medición de la elongación, tenacidad y resistencia de la extrusora Lohia.

1 ^{ra} muestra			2 ^{da} muestra			3 ^{ra} muestra			4 ^{ta} muestra			5 ^{ta} muestra			6 ^{ta} muestra		
Elongación	Tenacidad	Resistencia	Elongación	Tenacidad	Resistencia	Elongación	Tenacidad	Resistencia	Elongación	Tenacidad	Resistencia	Elongación	Tenacidad	Resistencia	Elongación	Tenacidad	Resistencia
26%	5.0	4.3	26%	5.0	4.3	27%	4.6	4.2	26%	5.1	4.2	27%	4.6	4.2	26%	5.1	4.3
23%	5.0	4.6	23%	4.9	4.7	23%	4.8	4.3	23%	4.8	4.6	23%	5.0	4.9	24%	5.2	4.8
23%	5.4	4.7	22%	5.4	4.5	23%	5.1	4.5	24%	5.3	4.6	22%	5.5	4.8	22%	6.0	4.9
22%	5.4	4.8	23%	5.6	4.9	23%	6.3	5.1	22%	5.7	4.9	21%	5.5	4.7	23%	5.5	4.8
28%	5.5	4.4	26%	4.8	3.8	25%	5.0	3.8	26%	4.8	3.8	25%	4.9	3.9	25%	4.9	3.7
25%	4.5	4.4	25%	4.7	4.5	23%	4.6	4.3	24%	4.7	4.6	23%	4.6	4.5	26%	4.8	4.4
25%	4.7	4.4	24%	4.6	4.3	24%	4.9	4.4	23%	4.8	4.4	24%	4.8	4.7	24%	4.7	4.4

21%	5.1	4.4	21%	5.6	5.0	24%	5.3	4.5	21%	5.0	4.1	22%	5.2	4.3	22%	5.2	4.2
25%	5.1	4.2	26%	5.0	4.2	25%	5.0	4.2	24%	5.2	4.3	22%	5.2	4.3	25%	5.1	4.4
24%	5.1	4.5	24%	5.4	4.4	24%	5.3	4.3	24%	5.1	4.2	23%	5.0	4.4	24%	5.5	4.6
24%	5.6	4.8	25%	5.6	4.6	27%	5.7	4.9	25%	5.5	4.7	26%	5.7	4.6	23%	5.7	4.8
23%	5.5	4.8	22%	5.2	4.6	22%	5.3	4.5	24%	5.3	4.6	23%	5.4	4.8	23%	5.3	4.7
25%	5.1	4.7	22%	5.0	4.8	25%	5.1	4.6	26%	5.0	4.6	23%	5.0	4.6	25%	5.0	4.6
24%	5.0	4.7	24%	4.6	4.4	24%	4.8	4.7	23%	4.7	4.5	24%	5.2	4.7	22%	4.9	4.7
24%	5.2	4.6	24%	5.2	4.6	24%	5.3	4.3	22%	5.2	4.2	23%	4.9	4.3	22%	4.9	4.0
24%	5.9	5.1	24%	5.4	4.5	23%	5.7	4.8	23%	5.1	4.3	23%	5.0	4.2	22%	5.6	5.0
21%	5.0	4.1	21%	4.9	4.0	21%	5.0	4.4	22%	4.9	4.3	22%	5.1	4.3	21%	5.6	4.7
23%	4.8	4.2	24%	4.9	4.3	24%	4.8	4.1	23%	4.9	4.3	22%	5.4	4.7	23%	4.7	4.0
25%	4.8	4.1	23%	4.6	4.0	25%	4.7	3.8	25%	4.7	4.1	23%	4.7	4.0	23%	4.7	3.8
24%	4.7	4.1	24%	4.7	4.1	25%	4.9	4.2	23%	4.8	3.9	25%	4.9	4.1	24%	4.8	4.1

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 23: Medición de la elongación, tenacidad y resistencia de la extrusora

Starex.

1 ^{ra} muestra			2 ^{da} muestra			3 ^{ra} muestra			4 ^{ta} muestra			5 ^{ta} muestra			6 ^{ta} muestra		
Elongación	Tenacidad	Resistencia	Elongación	Tenacidad	Resistencia	Elongación	Tenacidad	Resistencia	Elongación	Tenacidad	Resistencia	Elongación	Tenacidad	Resistencia	Elongación	Tenacidad	Resistencia
23%	5.5	4.7	24%	5.4	4.5	23%	5.4	4.6	22%	5.4	4.5	23%	5.3	4.5	24%	5.3	4.5
24%	5.6	4.5	23%	5.4	4.2	23%	5.5	4.2	24%	5.4	4.2	23%	5.4	4.2	24%	5.5	4.3
26%	5.6	4.5	26%	5.6	4.2	26%	5.6	4.5	25%	5.5	4.4	27%	5.5	4.3	25%	5.5	4.3
25%	5.2	4.5	25%	5.3	4.5	25%	5.3	4.5	24%	5.2	4.5	23%	5.1	4.6	25%	5.2	4.5
25%	5.6	4.1	25%	5.5	4.3	25%	5.4	4.3	26%	5.5	4.3	25%	5.4	4.3	25%	5.5	4.3
25%	5.6	4.6	24%	5.6	4.9	25%	5.6	4.7	24%	5.5	4.5	25%	5.6	4.6	25%	5.5	4.6
29%	5.4	4.3	29%	5.5	4.3	25%	5.4	4.3	27%	5.4	4.3	27%	5.4	4.2	27%	5.5	4.2
23%	5.6	4.5	24%	5.6	4.5	25%	5.6	4.4	25%	5.6	4.5	22%	5.6	4.4	22%	5.5	4.4
25%	5.9	5.0	22%	5.8	4.8	22%	5.9	4.9	26%	5.4	4.6	23%	5.8	4.8	24%	5.7	4.6
24%	5.7	4.9	26%	5.8	5.0	23%	5.7	4.8	24%	5.5	4.8	25%	5.7	5.0	23%	5.6	4.9
27%	6.0	4.8	25%	5.8	4.7	23%	5.7	4.7	26%	5.9	4.7	26%	5.9	4.6	26%	6.0	4.7
23%	5.6	4.9	22%	5.6	4.9	22%	5.7	5.0	24%	5.8	5.1	23%	5.7	5.1	24%	5.7	4.9
27%	5.5	4.8	27%	5.6	4.7	27%	5.6	4.8	25%	5.5	4.6	29%	5.7	4.8	26%	5.5	4.8
22%	5.7	4.5	24%	5.7	4.3	22%	5.7	4.4	23%	5.8	4.7	24%	5.6	4.6	24%	5.7	4.6
24%	5.6	4.5	26%	5.6	4.6	25%	5.3	4.5	25%	5.7	4.6	26%	5.5	4.5	25%	5.6	4.4
23%	5.7	4.9	23%	5.8	4.8	24%	5.6	4.8	24%	5.6	4.6	24%	5.6	4.7	26%	5.6	4.8
23%	6.0	5.3	22%	5.6	5.0	24%	5.6	5.0	24%	5.6	4.8	23%	5.5	4.8	24%	5.5	4.7
24%	5.5	4.3	24%	5.6	4.4	24%	5.6	4.4	22%	5.4	4.2	25%	5.5	4.4	23%	5.5	4.5
25%	5.3	4.5	24%	5.4	4.6	26%	5.1	4.4	26%	5.3	4.5	25%	5.1	4.5	25%	5.2	4.6
27%	5.6	5.0	27%	5.6	4.9	25%	5.7	4.7	27%	5.4	4.7	28%	5.4	4.8	28%	5.6	4.8

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 24: Medición de la elongación, tenacidad y resistencia de la extrusora Axisplast.

1 ^{ra} muestra			2 ^{da} muestra			3 ^{ra} muestra			4 ^{ta} muestra			5 ^{ta} muestra			6 ^{ta} muestra		
Elongación	Tenacidad	Resistencia	Elongación	Tenacidad	Resistencia	Elongación	Tenacidad	Resistencia	Elongación	Tenacidad	Resistencia	Elongación	Tenacidad	Resistencia	Elongación	Tenacidad	Resistencia
21%	5.1	3.9	23%	5.3	4.0	22%	4.8	3.6	21%	5.0	3.8	23%	5.3	3.9	20%	4.9	3.7
24%	5.1	4.0	21%	4.9	3.8	20%	5.1	4.1	23%	5.1	4.1	22%	5.4	4.3	22%	5.6	4.3
20%	5.4	4.3	20%	5.8	4.4	22%	5.3	4.2	23%	5.5	4.3	22%	4.8	3.7	21%	5.5	4.3
22%	5.5	4.8	22%	4.6	4.0	20%	5.9	5.2	20%	5.3	4.5	22%	5.7	4.9	23%	6.0	5.2
23%	5.4	4.7	20%	4.9	4.3	23%	5.2	4.4	20%	4.8	4.0	20%	5.2	4.4	22%	5.4	4.7
21%	5.0	4.0	24%	4.7	3.9	22%	5.0	3.9	22%	4.9	4.0	22%	5.5	4.1	21%	5.0	3.9
24%	5.0	3.8	22%	5.2	3.9	24%	5.1	4.0	23%	5.2	3.9	22%	5.1	3.9	22%	5.1	4.1
24%	5.0	3.9	22%	5.0	3.8	23%	5.0	3.8	23%	4.8	3.7	22%	5.1	3.9	22%	5.0	3.9
23%	5.0	3.9	24%	5.0	3.8	24%	4.7	3.7	23%	5.1	4.0	22%	5.2	4.1	23%	5.0	4.0
22%	5.1	4.4	21%	5.4	4.6	21%	5.0	4.4	24%	5.7	5.0	23%	5.5	4.6	22%	5.3	4.7
23%	5.5	4.4	22%	5.6	4.6	21%	4.9	4.1	21%	5.2	4.3	22%	5.2	4.5	22%	5.2	4.4
24%	5.3	4.0	24%	4.8	3.7	26%	5.0	3.9	22%	5.3	4.2	23%	5.1	4.1	23%	5.0	4.0
23%	5.1	4.1	21%	4.8	3.8	23%	5.1	3.9	21%	5.1	3.8	23%	5.1	3.9	21%	5.1	3.8
20%	5.1	3.9	21%	5.1	4.0	21%	5.1	3.9	21%	5.4	4.2	21%	5.0	3.9	21%	5.1	4.0
23%	5.8	4.4	23%	5.6	4.4	22%	5.6	4.4	24%	5.5	4.2	23%	5.1	4.0	22%	5.6	4.4
22%	5.0	4.2	22%	5.5	4.4	22%	5.0	4.2	22%	5.0	4.1	22%	5.5	4.5	22%	4.8	4.0
22%	4.8	3.8	23%	4.8	3.6	21%	4.6	3.6	22%	4.5	3.6	22%	4.8	3.9	21%	4.9	3.8
22%	4.9	3.7	22%	5.0	4.0	21%	5.0	4.0	22%	4.2	3.4	24%	4.8	3.9	22%	5.3	4.2
24%	4.9	3.7	22%	4.9	3.9	22%	5.0	3.8	22%	5.1	3.9	22%	4.9	3.8	21%	4.7	3.7
22%	5.2	4.5	23%	5.5	4.5	22%	5.4	4.5	22%	5.3	4.6	21%	5.4	4.7	21%	5.2	4.6

Fuente: Elaboración propia

En este caso, el tamaño de los sub grupos son menores a 8, por tanto, se utiliza el gráfico de control I-MR-R (ver las figuras del 35 al 43), para monitorear la estabilidad y la variación entre y dentro de los subgrupos (cada subgrupo pertenece a lotes diferentes).

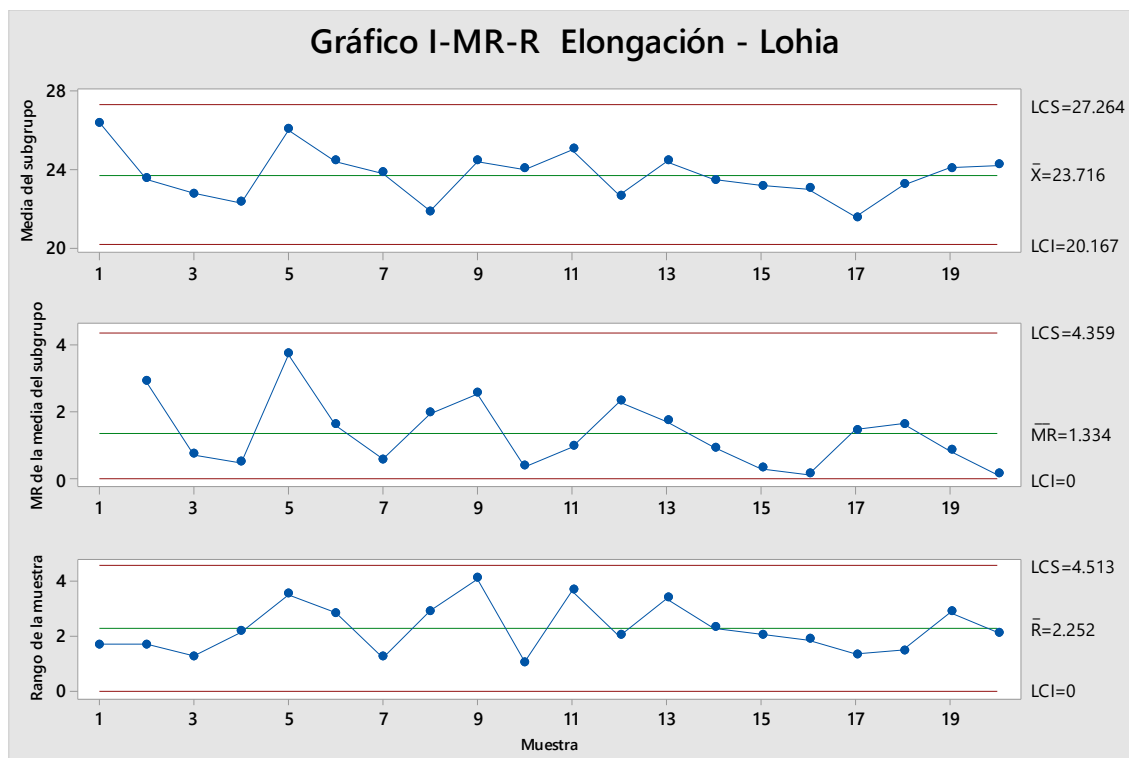


Figura 35: Gráfico de control de la elongación producido en la extrusora Lohia
Fuente: Elaboración propia

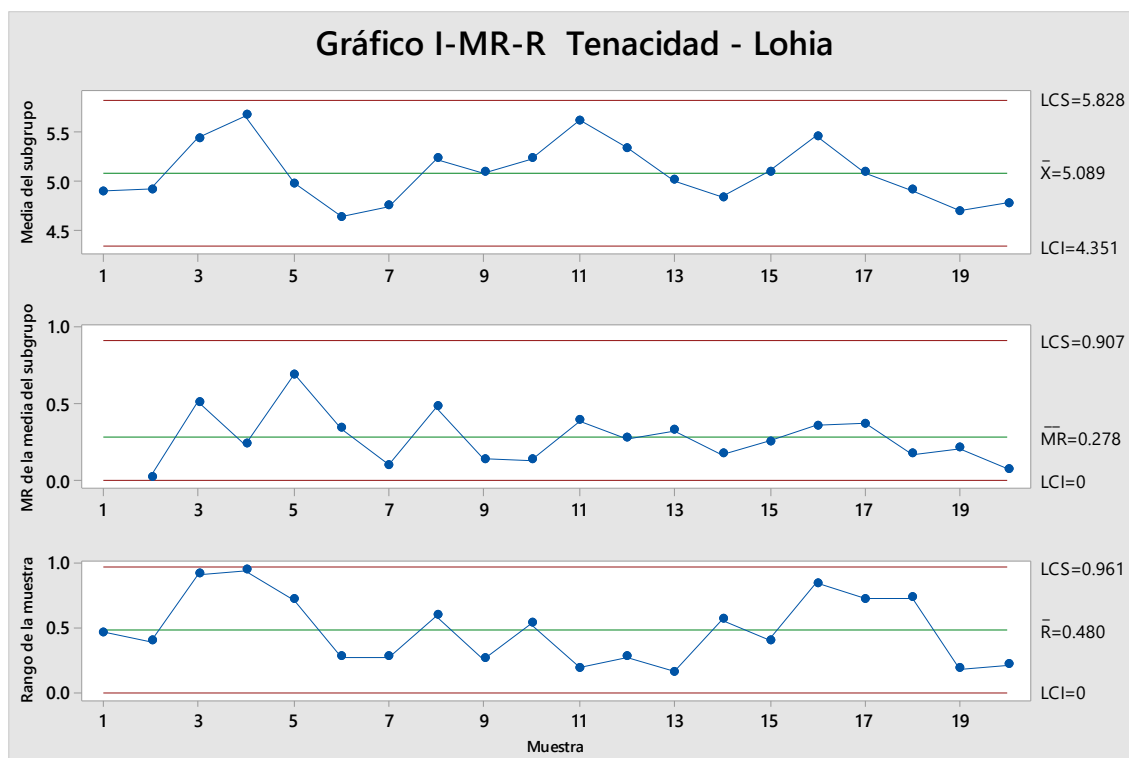


Figura 36: Gráfico de control de la tenacidad producido en la extrusora Lohia
Fuente: Elaboración propia

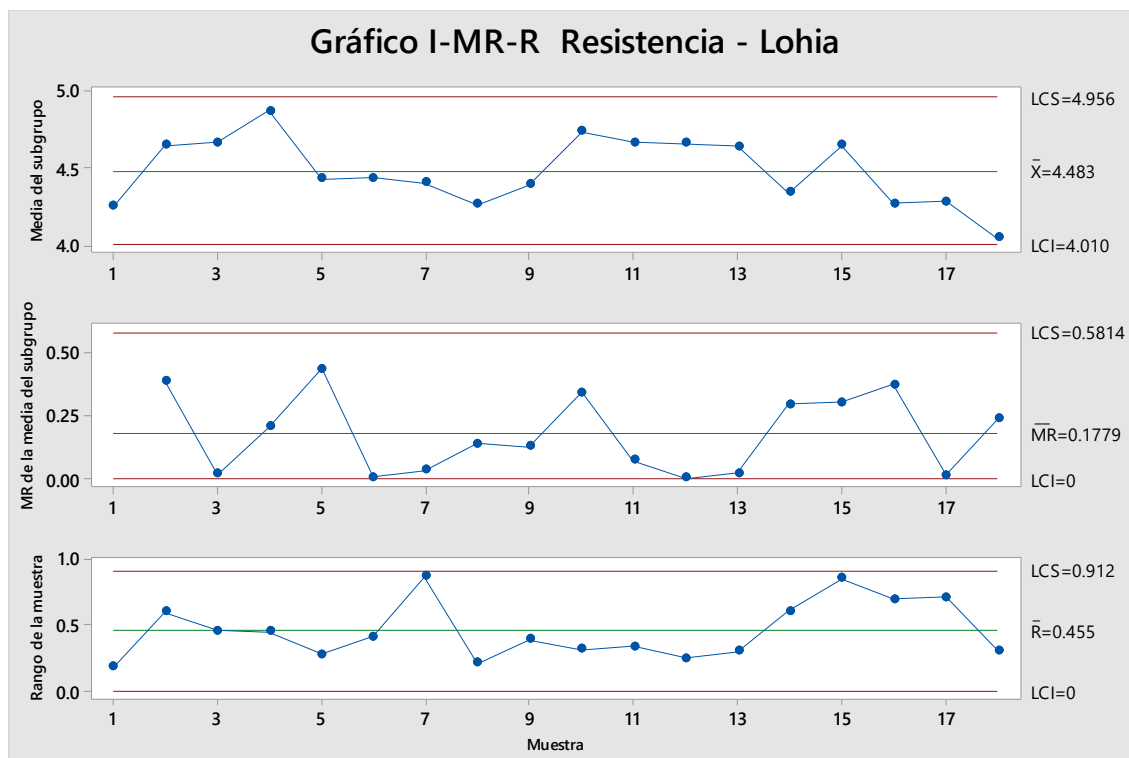


Figura 37: Gráfico de control de la resistencia producido en la extrusora Lohia
Fuente: Elaboración propia

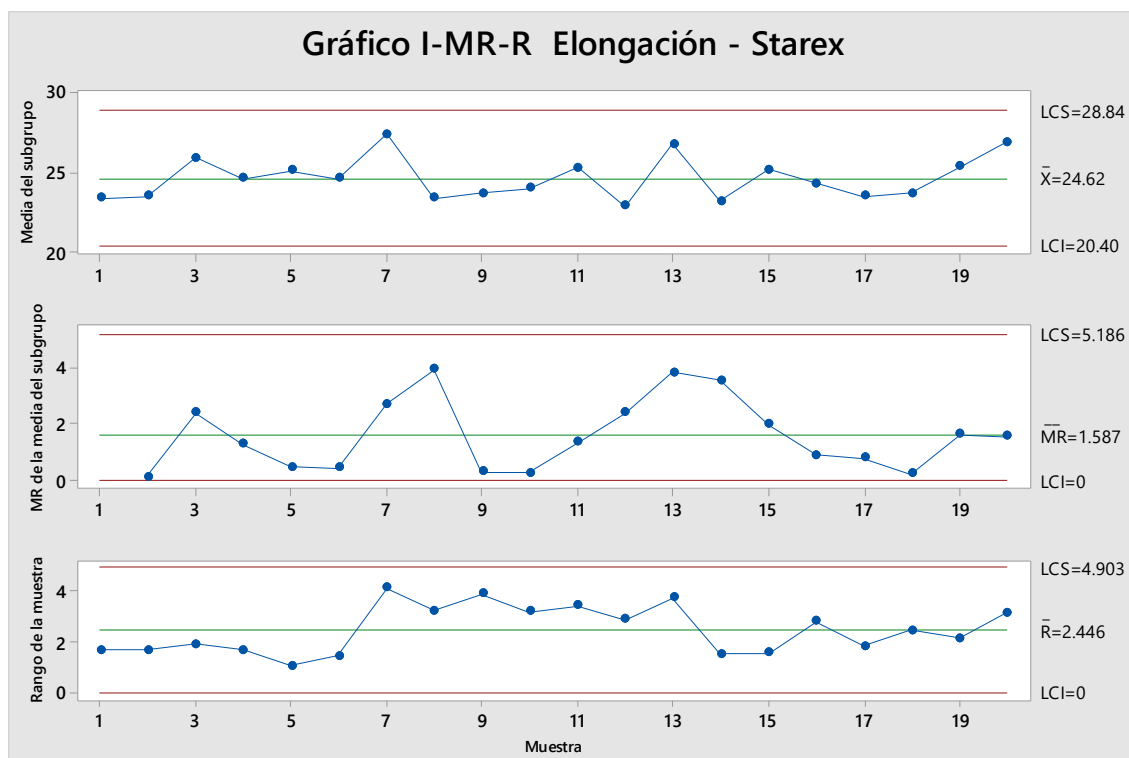


Figura 38: Gráfico de control de la elongación producido en la extrusora Starex
Fuente: Elaboración propia

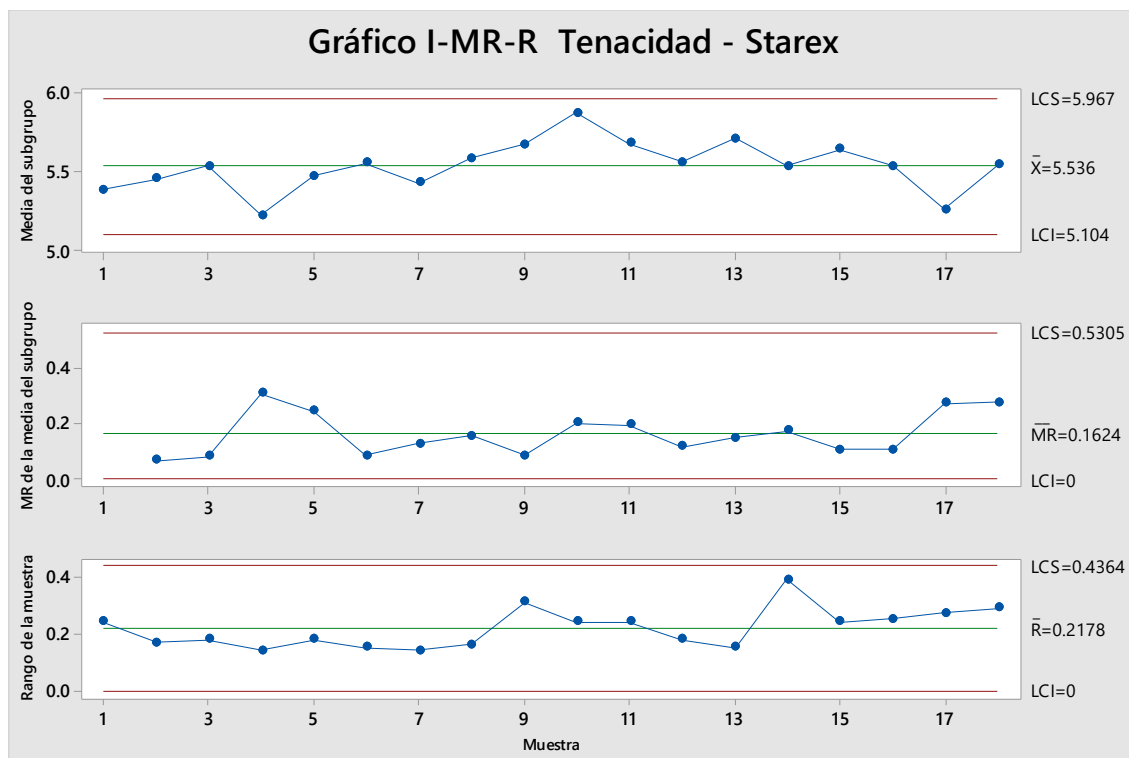


Figura 39: Gráfico de control de la tenacidad producido en la extrusora Starex
Fuente: Elaboración propia

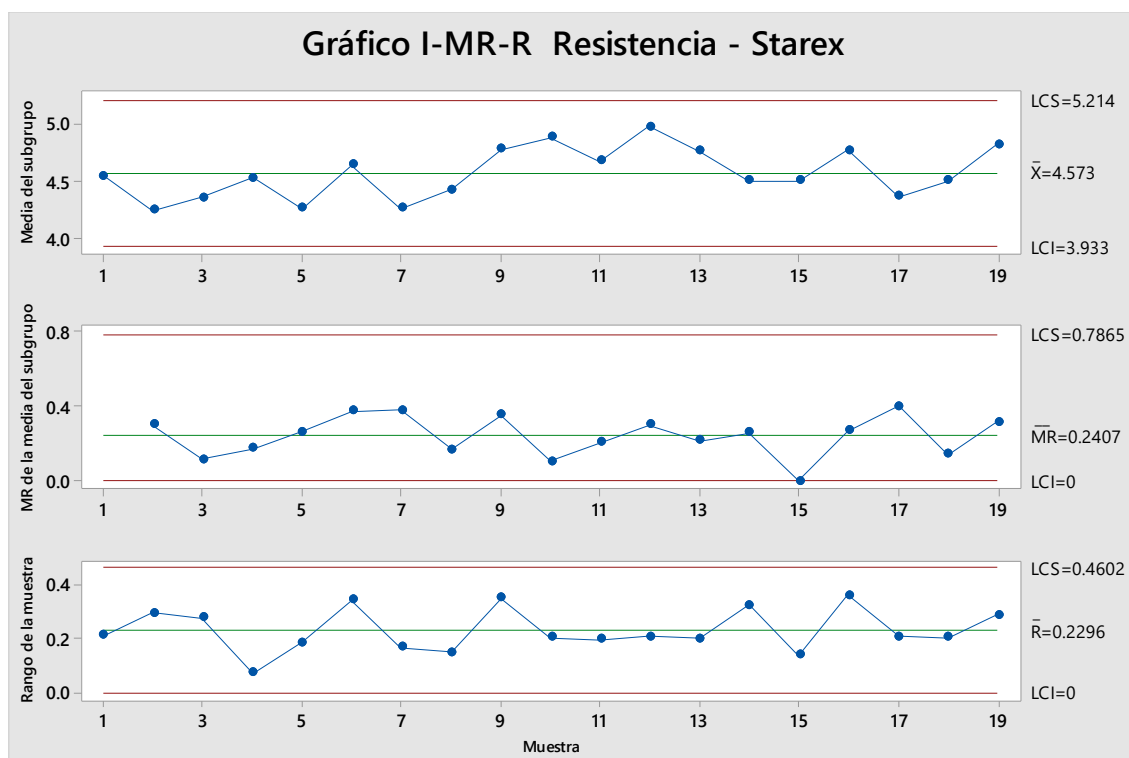


Figura 40: Gráfico de control de la resistencia producido en la extrusora Starex
Fuente: Elaboración propia

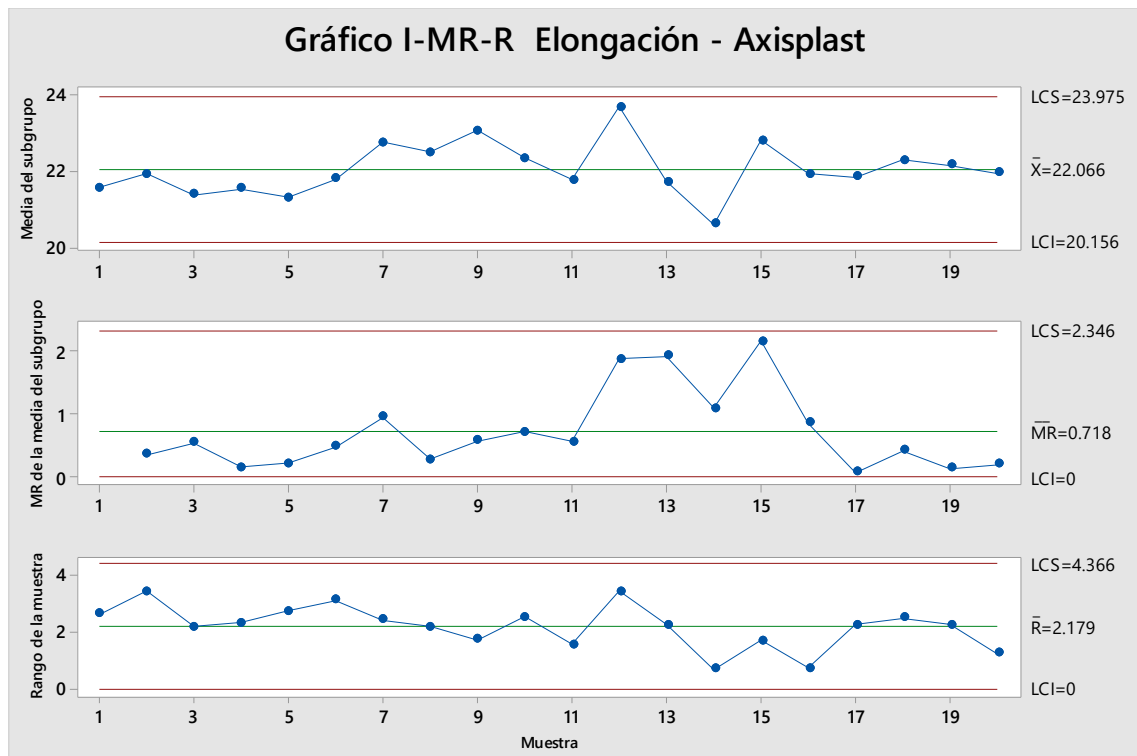


Figura 41: Gráfico de control de la elongación producido en la extrusora Axisplast

Fuente: Elaboración propia

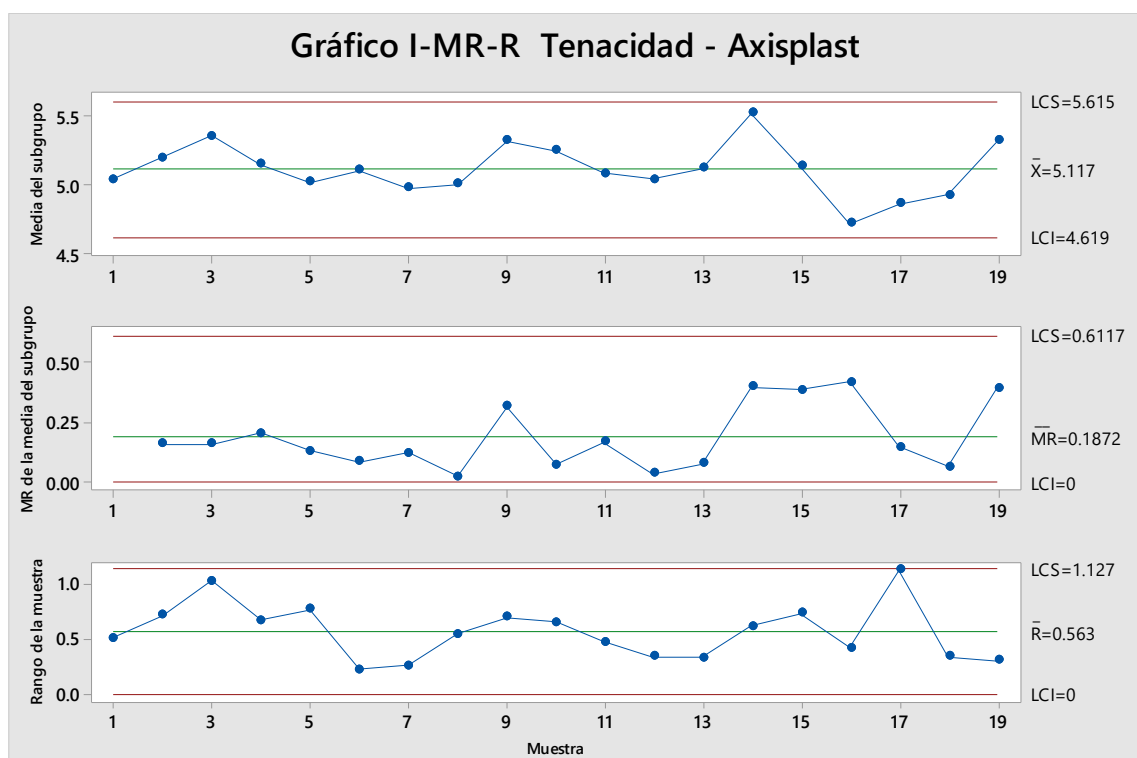


Figura 42: Gráfico de control de la tenacidad producido en la extrusora Axisplast

Fuente: Elaboración propia

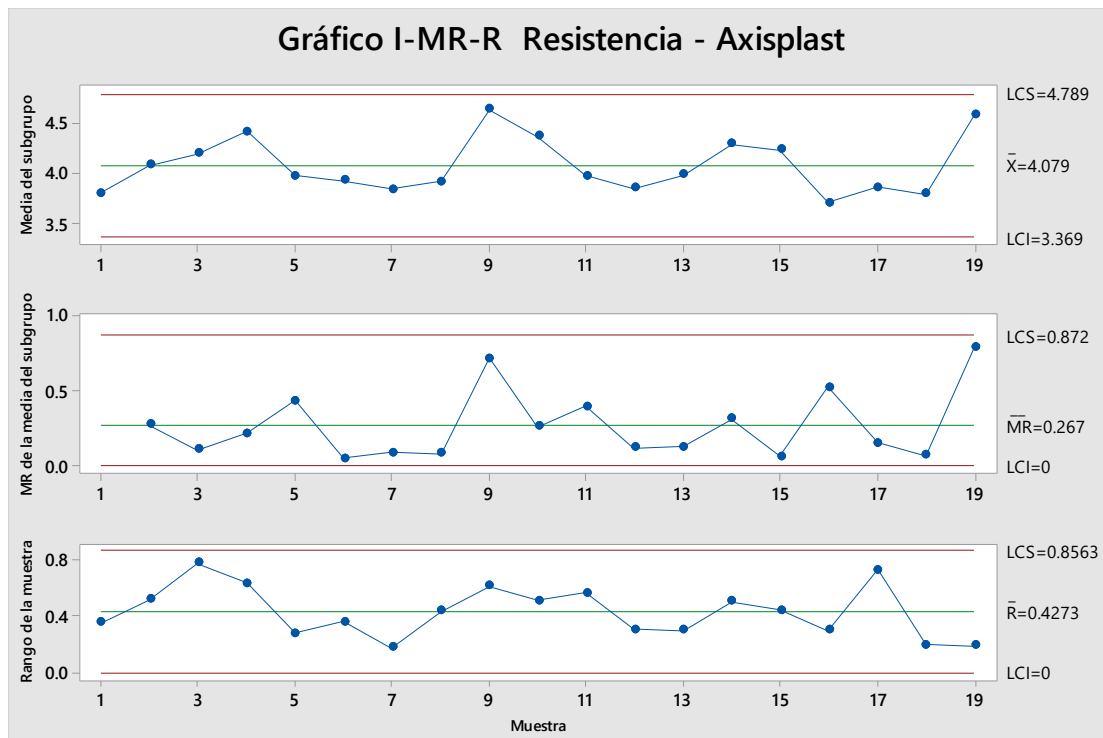


Figura 43: Gráfico de control de la resistencia producido en la extrusora Axisplast

Fuente: Elaboración propia

Desde la figura 35 al 43 se observa que:

- En las gráfica S no hay puntos fuera de los límites de control; es decir, la variabilidad dentro de los subgrupos es estable y se puede continuar con el análisis.
- En las gráficas MR no hay puntos fuera de los límites de control; es decir que la variabilidad entre los subgrupos es estable y se puede interpretar el siguiente gráfico.
- En las gráficas I no hay puntos fuera de los límites de control; por lo tanto, se concluye que los procesos están bajo control estadístico.

En el cuadro 25 se resume los resultados obtenidos.

Cuadro 25: Resumen de la estabilidad del proceso de extrusión.

		Tamaño del sub grupo / grupo	Tipo de gráfico	¿Variabilidad dentro los subgrupos es estable?	¿Variabilidad entre los subgrupos es estable?	¿Proceso bajo control estadístico?
Lohia	Denier	14 / 10	I - MR - S	Sí, ver figura 27	Sí, ver figura 27	Sí, proceso estable
	Elongación	6 / 20	I - MR - R	Sí, ver figura 30	Sí, ver figura 30	
	Tenacidad	6 / 20	I - MR - R	Sí, ver figura 31	Sí, ver figura 31	
	Resistencia	6 / 20	I - MR - R	Sí, ver figura 32	Sí, ver figura 32	
Starex	Denier	28 / 10	I - MR - S	Sí, ver figura 28	Sí, ver figura 28	
	Elongación	6 / 20	I - MR - R	Sí, ver figura 33	Sí, ver figura 33	
	Tenacidad	6 / 20	I - MR - R	Sí, ver figura 34	Sí, ver figura 34	
	Resistencia	6 / 20	I - MR - R	Sí, ver figura 35	Sí, ver figura 35	
Axisplast	Denier	12 / 10	I - MR - S	Sí, ver figura 29	Sí, ver figura 29	
	Elongación	6 / 20	I - MR - R	Sí, ver figura 36	Sí, ver figura 36	
	Tenacidad	6 / 20	I - MR - R	Sí, ver figura 37	Sí, ver figura 37	
	Resistencia	6 / 20	I - MR - R	Sí, ver figura 38	Sí, ver figura 38	

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, se concluye del cuadro 25, que el proceso de extrusión es estable, debido a que la variabilidad dentro y entre los sub grupos es estable (puntos de la gráfica dentro de los límites de control estadístico).

4.5.7.2. Estabilidad del proceso de telares

En el proceso de telares, se evalúa si el proceso es estable, respecto al ancho y gramaje, para realizar el análisis se tomaron 4 muestras de tela en cada turno, durante los últimos 8 días (dos turnos por cada día); en el cuadro 26 se muestra los resultados obtenidos.

Cuadro 26: Medición del ancho y gramaje de las muestras tomadas.

N° Muestra	Ancho (cm)	Gramaje (g/m ²)	N° Muestra	Ancho (cm)	Gramaje (g/m ²)	N° Muestra	Ancho (cm)	Gramaje (g/m ²)
1	60	55.3	23	60.6	54.4	45	60.8	55.7
2	60.2	55.9	24	60.6	55.8	46	61.2	55.8
3	60.7	54.4	25	61	56.8	47	60.9	55.3
4	60.3	55.6	26	60.9	55.3	48	60	55.7
5	60.5	55.7	27	61	55.9	49	60.6	56.4
6	60.7	57.0	28	60.7	55.9	50	61	54.1
7	60.5	56.4	29	60.7	56.6	51	61	55.8

8	60.4	56.4	30	60.7	55.1	52	61.2	53.7
9	61	54.8	31	60.8	55.8	53	60.7	55.3
10	60.5	56.5	32	61	55.4	54	61	55.2
11	60.4	55.2	33	61	55.8	55	60.7	55.7
12	60.7	55.3	34	60	55.6	56	61.2	55.1
13	60.7	55.6	35	60.8	56.0	57	60.7	55.4
14	60.5	53.9	36	60.5	56.8	58	60.7	55.8
15	60.5	54.2	37	60.9	55.9	59	60.5	56.9
16	60.4	53.9	38	60.7	55.4	60	61	54.3
17	60.6	53.5	39	60.3	55.6	61	60.5	55.2
18	60.7	54.2	40	60.1	55.0	62	59.8	56.6
19	60.8	55.2	41	60.9	55.5	63	60.8	55.4
20	60.5	54.6	42	60.6	55.7	64	61.2	55.3
21	60.7	54.4	43	61	55.0			
22	60	55.1	44	60.7	54.3			

Fuente: Elaboración propia

Debido a que los datos del cuadro 26, han sido tomados en forma individual (no existe sub grupos), se utiliza el gráfico I-MR, donde se obtienen las figuras 44 y 45, ancho y gramaje, respectivamente.

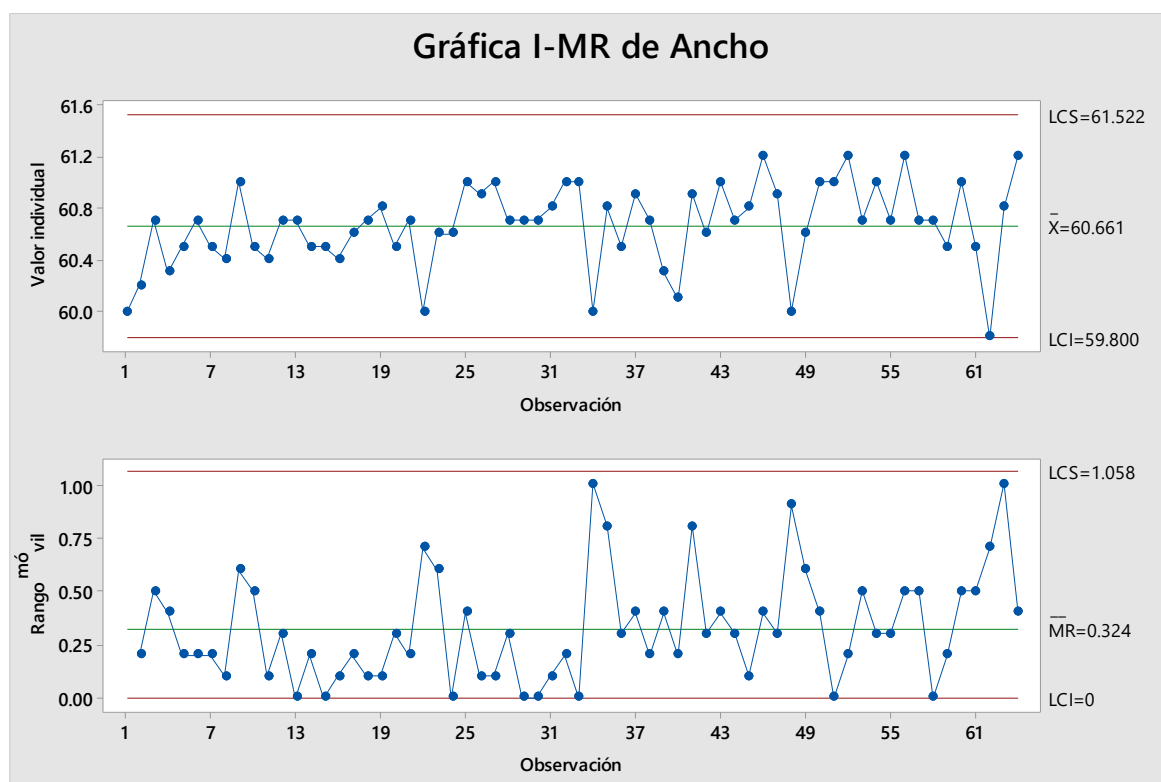


Figura 44: Gráfico de control del ancho del proceso de telares

Fuente: Elaboración propia

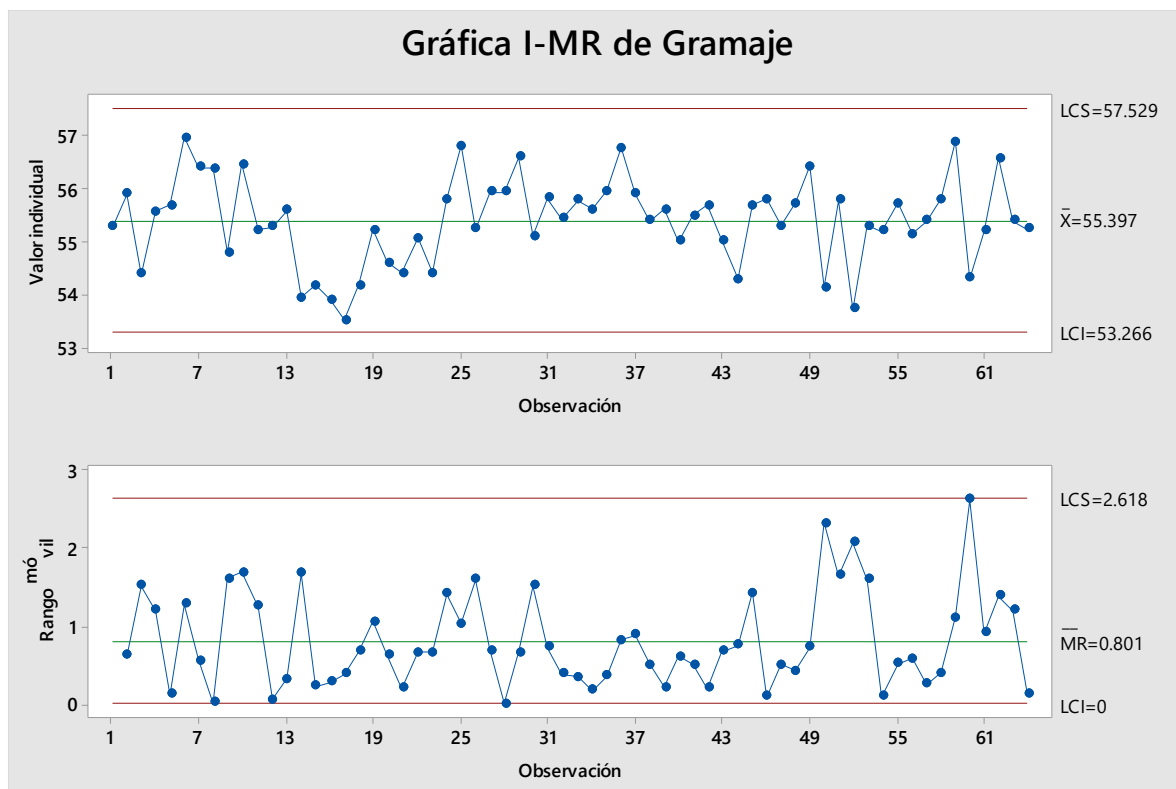


Figura 45: Gráfico de control del gramaje del proceso de telares
Fuente: Elaboración propia

De las figuras 44 y 45, se observa que las gráficas de Rango Móvil (gráfico MR) están bajo control (puntos dentro de los límites); por lo tanto, las gráficas de Valor Individual (gráfica I) son exactas. Adicionalmente, se observa que los puntos de las gráficas I se encuentran dentro de los límites; por lo tanto, el proceso de telares está bajo control estadístico.

En el cuadro 27, se muestra los resultados.

Cuadro 27: Resumen de la estabilidad del proceso de telares.

	Tamaño de la muestra	Tipo de gráfico	¿Gráfica MR está bajo control?	¿Proceso bajo control estadístico?
Ancho	64	I - MR	Sí, ver figura 39	Sí, proceso estable
Gramaje	64	I - MR	Sí, ver figura 40	

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, se concluye del cuadro 27, que el proceso de telares es estable, debido a que la variabilidad es estable.

4.5.8. Desempeño del proceso

En términos generales, medir el desempeño del proceso, es realizar una medición de los indicadores que permiten conocer cómo funcionan actualmente. Esta operación permitirá confirmar la línea base del proceso. Para cualquier proceso existen diversos indicadores utilizados para conocer su operación, en este caso utilizaremos el indicador OEE, rendimiento (Y), nivel sigma y capacidad del proceso (Cp, Cpk, Pp y Ppk).

4.5.8.1. Desempeño del proceso de extrusión

Indicador OEE

En la figura 46 se presenta el indicador OEE del proceso de extrusión, donde Q es calidad, E es eficiencia y D es disponibilidad, y muestra como el factor de calidad es el que tiende a afectar al indicador OEE.

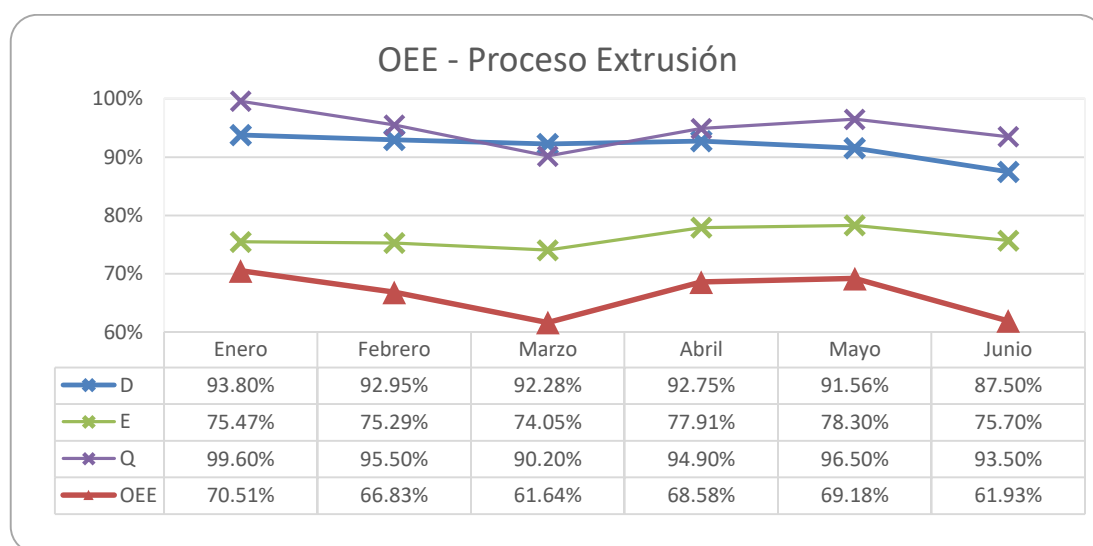


Figura 46: Indicador OEE del proceso de extrusión - enero a junio del 2017

Fuente: Elaboración propia

Rendimiento (Y) y nivel sigma

Primero se calcula el valor del DPU, en este caso es, es la división entre la merma de scrap en extrusión (rafia no conforme) y la producción total de rafia en extrusión, considerando los datos desde enero hasta junio del 2017. En el cuadro 28 se muestra los resultados obtenidos.

Cuadro 28: Producción de rafia conforme y merma de scrap (rafia no conforme)

Mes	Producción total de rafia (kg)	Merma de scrap extrusión (kg)
Enero	470,475.85	7,705.74
Febrero	462,138.56	8,140.00
Marzo	497,120.28	9,115.50
Abril	491,574.82	7,876.65
Mayo	509,713.40	8,297.31
Junio	467,805.06	9,117.22
Total	2,898,827.97	50,252.42

Fuente: Elaboración propia

$$DPU = \frac{\text{Merma de scrap extrusión (kg)}}{\text{Producción total rafia (kg)}} = 0.0173$$

Reemplazando en la fórmula de rendimiento, se obtiene:

$$Y = e^{-0.0173} = 0.9828$$

Es decir, la probabilidad de que un kilo de rafia no sea merma de scrap es de 98.28%. Para convertir esto a nivel sigma, utilizamos la función DISTR.NORM.ESTAND.INV de Excel, cuyo valor será el nivel sigma de largo plazo (Z_L), a esto se adiciona 1.5 para obtener el nivel sigma de corto plazo (Z_C).

$$Z_L = \text{DISTR.NORM.ESTAND.INV}(0.9828) = 2.12$$

$$Z_C = Z_L + 1.5 = 3.62$$

Debido a que el nivel sigma a corto plazo asume que las fuentes de variabilidad están controladas, se toma el nivel sigma de largo plazo que es 2.12, por lo tanto, tiene un valor lejano a ser un proceso Six Sigma.

Capacidad del proceso

Se utiliza el software Minitab para calcular los índices de capacidad, en este caso, se analizará por cada extrusora si cumple con los requisitos de denier, elongación y tenacidad, tener en cuenta que estos parámetros están establecidos en el Plan de Calidad de la empresa en estudio.

a) Lohia: en las figuras 47, 48 y 49 se muestran los informes de capacidad para el denier, elongación y tenacidad, respectivamente.

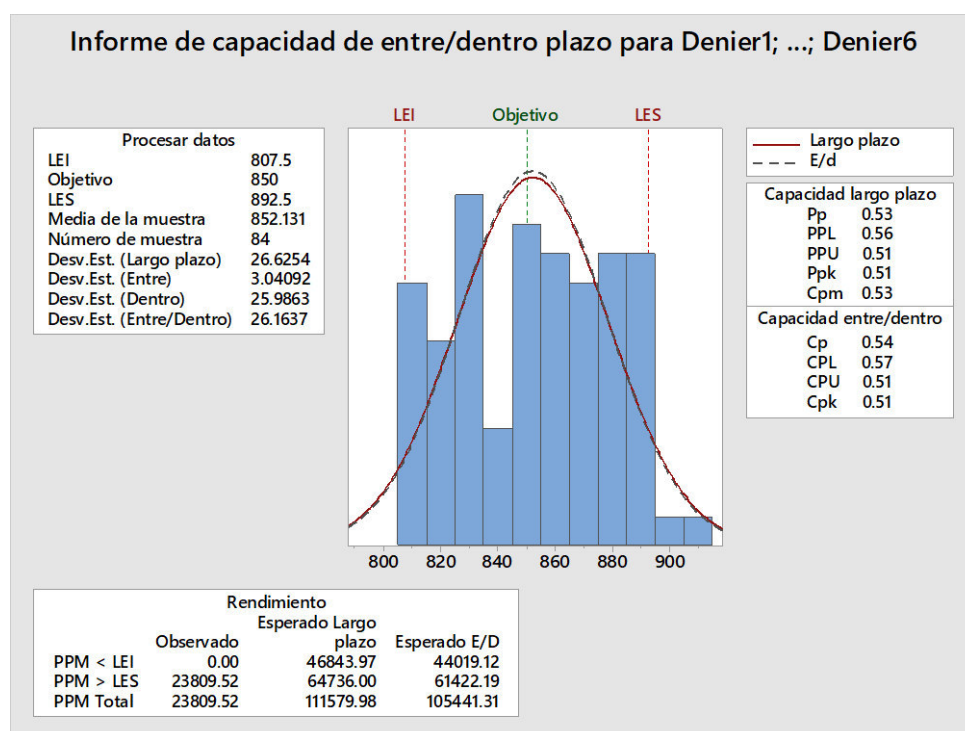


Figura 47: Informe de capacidad para el denier en la extrusora Lohia.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 47, se observa que algunos datos del histograma superan el límite superior de especificación. Adicionalmente, se observa que la curva general (línea continua) y la curva de subgrupos/corto plazo (línea discontinua) están alineados por lo que el proceso es estable.

La capacidad de subgrupos/corto plazo (C_p) es 0.54 y C_{pk} es 0.54, son cercanos entre sí, lo que indica que el proceso está aproximadamente centrado.

Respecto a la capacidad general del proceso, se observa que los índices P_p , P_{pk} y C_{pm} , son 0.53, 0.51 y 0.53, respectivamente, están cercanos entre sí, lo que indica que el proceso está centrado; sin embargo, son menores a 1.33 (valor mínimo aceptado para que sea considerado un proceso capaz), por lo tanto, el proceso no es capaz de lograr el denier requerido, se sugiere mejorar su capacidad mediante la reducción o eliminación de las fuentes de variación del proceso.

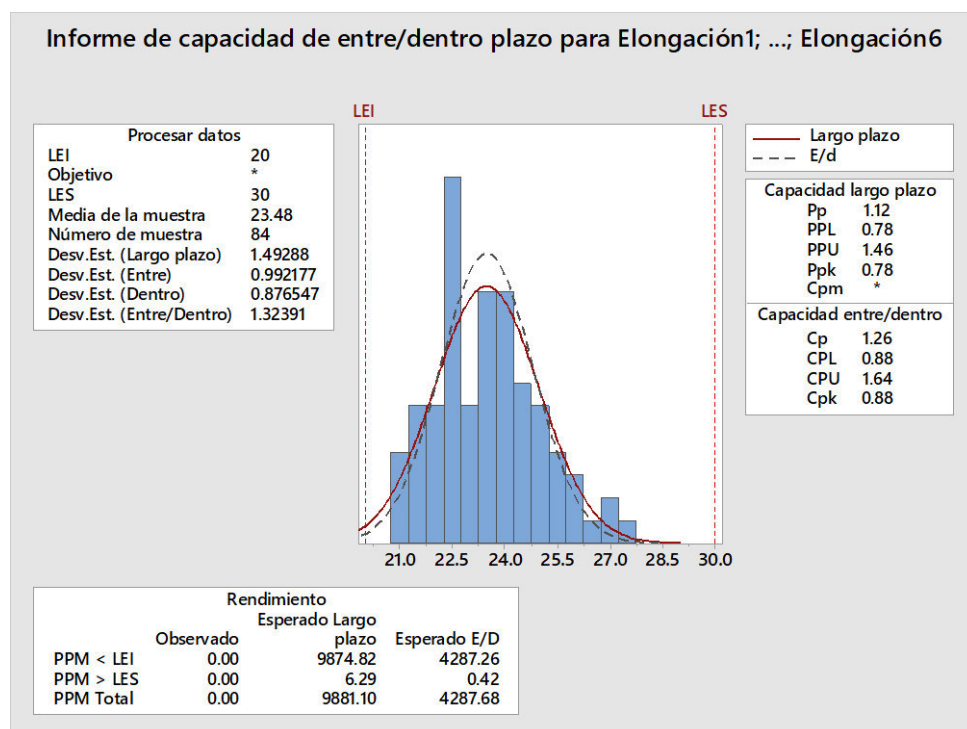


Figura 48: Informe de capacidad para la elongación en la extrusora Lohia

Fuente: Elaboración propia

En la figura 48, se observa que los datos del histograma están dentro de los límites de especificación. Adicionalmente, se observa que la curva general (línea continua) y la curva de subgrupos/corto plazo (línea discontinua) están alineados por lo que el proceso es estable.

La capacidad de subgrupos/corto plazo (C_p) es 1.26, y C_{pk} es 0.88, no son cercanos entre sí, lo que indica que el proceso no está centrado.

Respecto a la capacidad general del proceso, se observa que los índices P_p y P_{pk} , son 1.12 y 0.78, respectivamente, no son cercanos entre sí y menores a 1.33, por lo tanto, el proceso no es capaz de lograr la elongación requerida, se debe mejorar su capacidad.

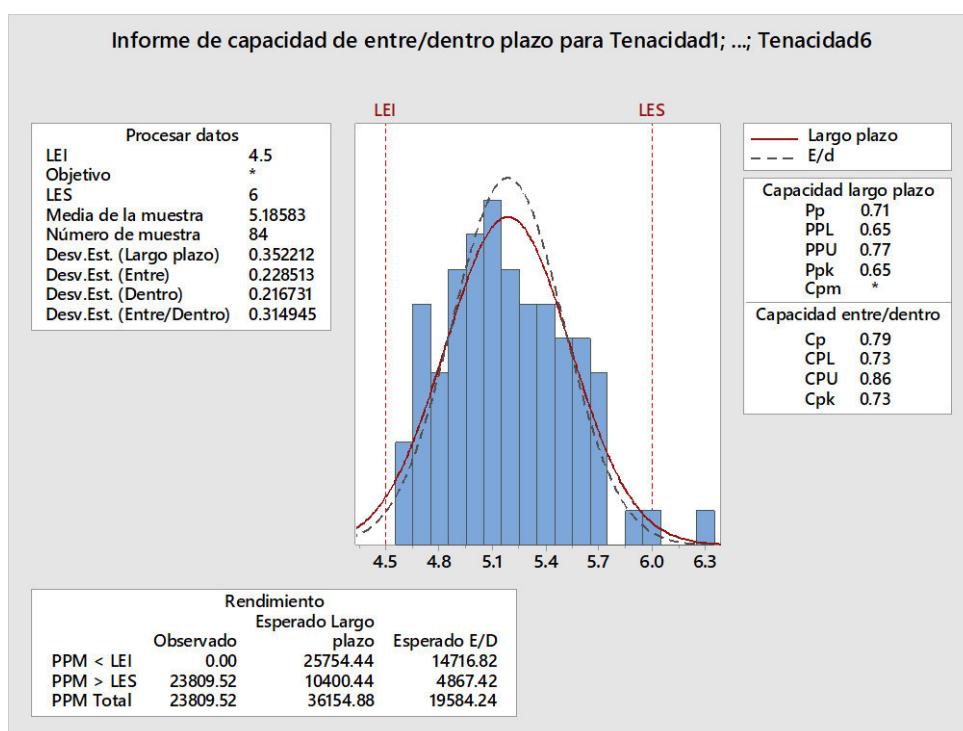


Figura 49: Informe de capacidad para la tenacidad en la extrusora Lohia

Fuente: Elaboración propia

En la figura 49, se observa que los datos del histograma están ligeramente centrados; sin embargo, supera el límite superior. La curva general (línea continua) y la curva de subgrupos/corto plazo (línea discontinua) están alineados por lo que el proceso es estable.

La capacidad de subgrupos/corto plazo (C_p) es 0.79 y C_{pk} es 0.73, son cercanos entre sí, lo que indica que el proceso está aproximadamente centrado.

Respecto a la capacidad general del proceso, los índices Pp y Ppk, son 0.71 y 0.65, respectivamente, y son cercanos entre sí, pero menores a 1.33. Por lo tanto, el proceso no es capaz de lograr la tenacidad requerida, se debe mejorar su capacidad.

b) Starex: en las figuras 50, 51 y 52 se muestran los informes de capacidad para el denier, elongación y tenacidad, respectivamente.

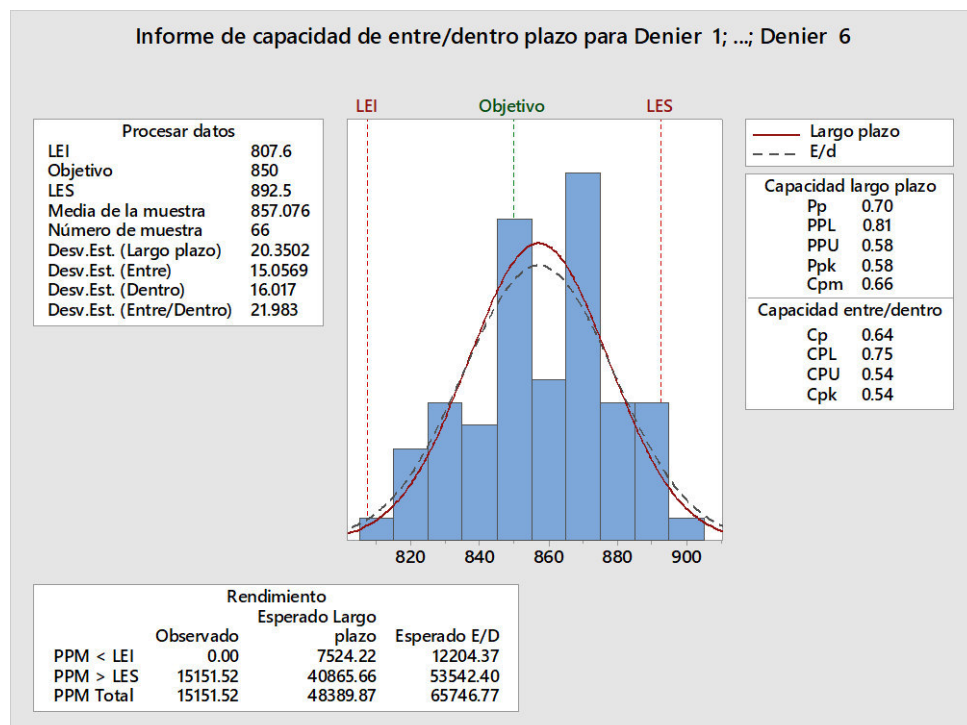


Figura 50: Informe de capacidad para el denier en la extrusora Starex

Fuente: Elaboración propia

En la figura 50, se observa que los datos del histograma están ligeramente centrados, pero superan el límite superior de especificación. La curva general (línea continua) y la curva de subgrupos/corto plazo (línea discontinua) están alineados por lo que el proceso es estable.

La capacidad de subgrupos/corto plazo (C_p) es 0.64 y C_{pk} es 0.54, son cercanos entre sí, lo que indica que el proceso está centrado.

Respecto a la capacidad general del proceso, los índices P_p y P_{pk} , son 0.70 y 0.58, respectivamente, y son cercanos entre sí, pero menores a 1.33, Por lo tanto, el proceso no es capaz de lograr el denier requerido, se debe mejorar su capacidad.

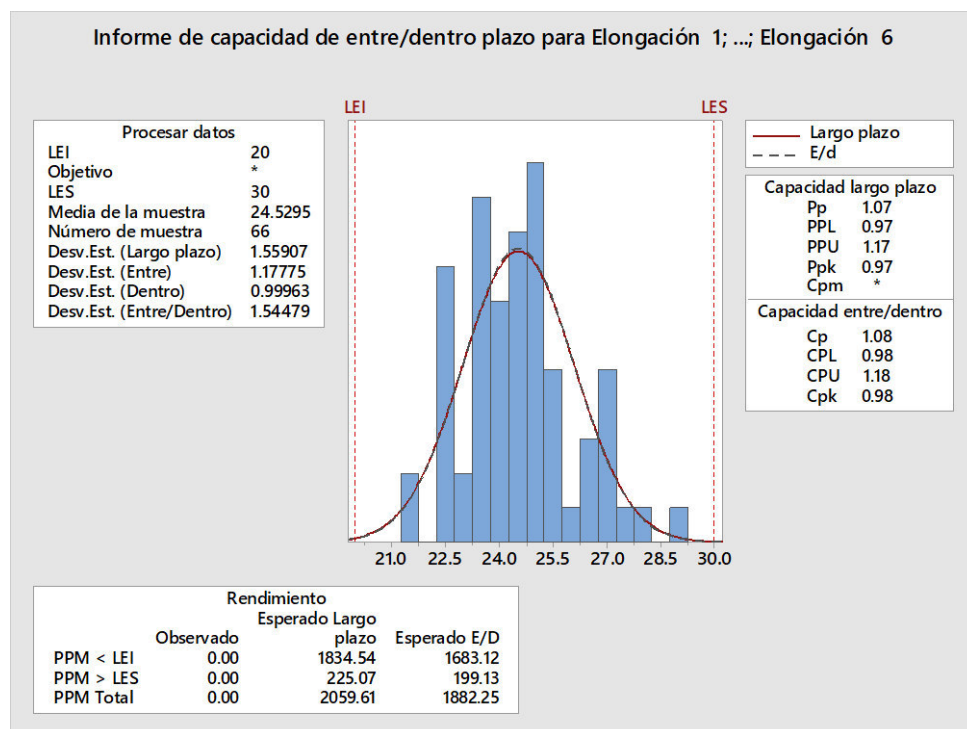


Figura 51: Informe de capacidad para la elongación en la extrusora Starex

Fuente: Elaboración propia

En la figura 51, se observa que los datos del histograma están dentro de los límites de especificación. Adicionalmente, la curva general (línea continua) y la curva de subgrupos/corto plazo (línea discontinua) están alineados entre sí, por lo que el proceso es estable

La capacidad de subgrupos/corto plazo (C_p) es 1.08 y C_{pk} es 0.98, no son cercanos entre sí, lo que indica que el proceso no está centrado.

Respecto a la capacidad general de proceso, se observa que los índices Pp y Ppk, son 1.70 y 0.97, respectivamente, no son cercanos entre sí y menores a 1.33, por lo tanto, el proceso no es capaz de lograr la elongación requerida, se debe mejorar su capacidad.

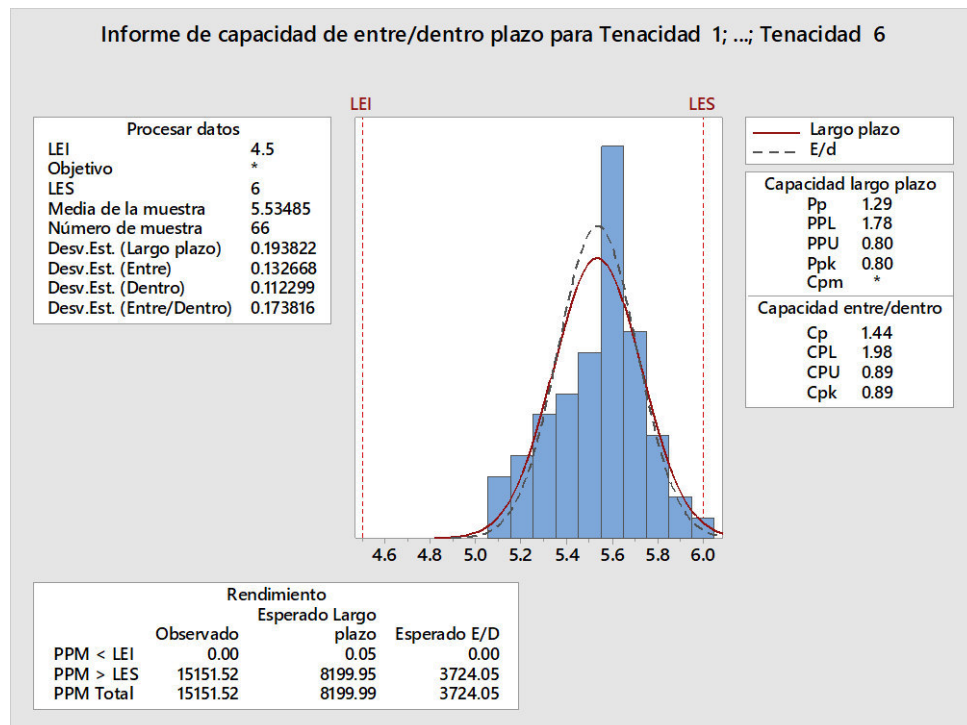


Figura 52: Informe de capacidad para la tenacidad en la extrusora Starex

Fuente: Elaboración propia

En la figura 52, se observa que los datos del histograma no están centrados y, algunos de ellos, fuera del límite de especificación superior; sin embargo, la curva general (línea continua) y la curva de subgrupos/corto plazo (línea discontinua) están alineados por lo que el proceso es estable.

La capacidad de subgrupos/corto plazo (Cp) es 1.44 y Cp es 0.89, no son cercanos entre sí, lo que indica que el proceso no está centrado.

Respecto a la capacidad general de proceso, se observa que los índices Pp y Ppk, son 1.29 y 0.80, respectivamente, no son cercanos entre sí y menores a 1.33, por

lo tanto, el proceso no es capaz de lograr la tenacidad requerida, se debe mejorar su capacidad.

c) Axisplast: en las figuras 53, 54 y 55 se muestran los informes de capacidad para el denier, elongación y tenacidad, respectivamente.

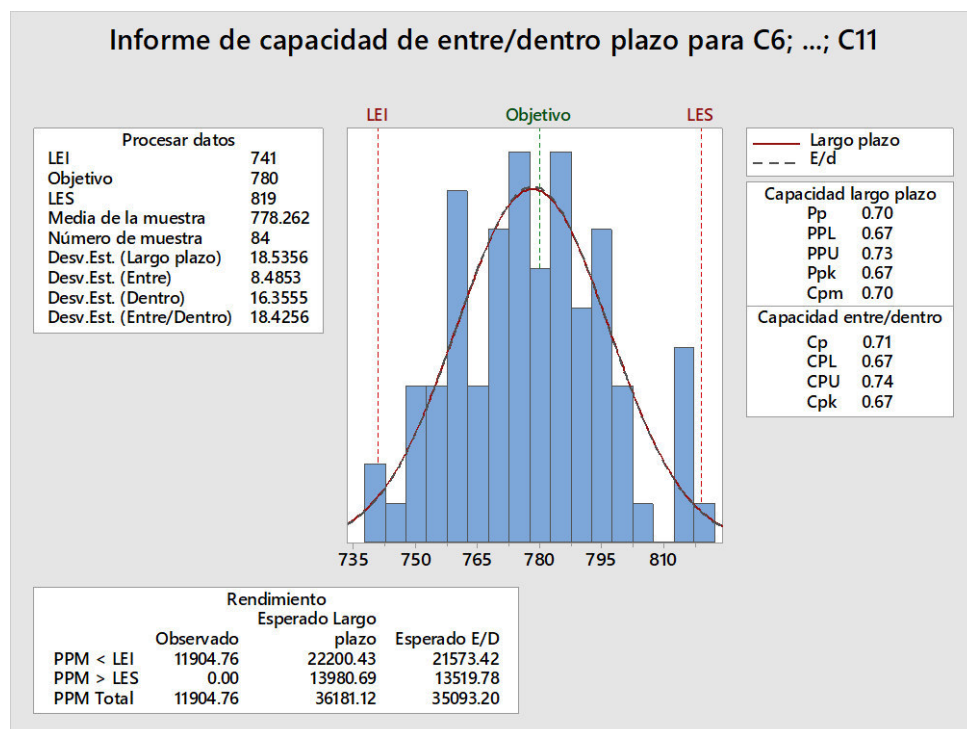


Figura 53: Informe de capacidad para el denier en la extrusora Axisplast

Fuente: Elaboración propia

En la figura 53, se observa que los datos del histograma están centrados, pero fuera de los límites de especificación. Adicionalmente, la curva general (línea continua) y la curva de subgrupos/corto plazo (línea discontinua) están alineados por lo que el proceso es estable.

La capacidad de subgrupos/corto plazo (C_p) es 0.71 y C_{pk} es 0.67, están ligeramente cercanos entre sí, lo que indica que el proceso está centrado.

Respecto a la capacidad general del proceso, los índices Pp y Ppk, son 0.70 y 0.67, respectivamente, y son cercanos entre sí, pero menores a 1.33, Por lo tanto, el proceso no es capaz de lograr el denier requerido, se debe mejorar su capacidad.

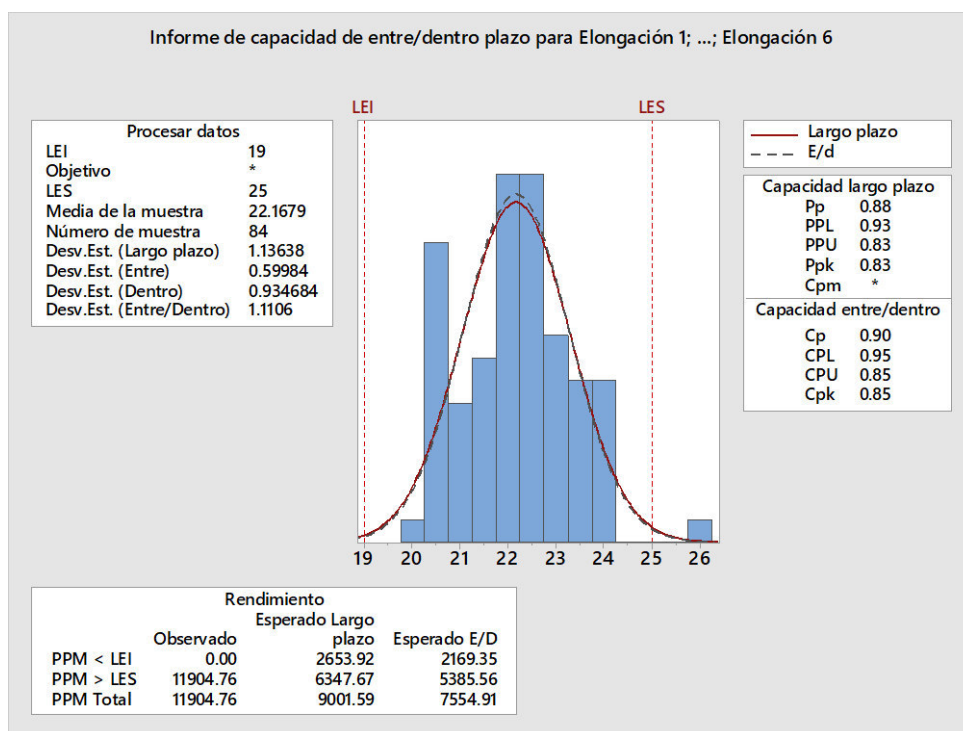


Figura 54: Informe de capacidad para la elongación en la extrusora Axisplast

Fuente: Elaboración propia

En la figura 54, se observa que los datos del histograma están centrados, pero algunos de ellos, supera el límite de especificación superior. Adicionalmente, la curva general (línea continua) y la curva de subgrupos/corto plazo (línea discontinua), están alineados por lo que el proceso es estable.

La capacidad de subgrupos/corto plazo (Cp) es 0.90 y Cpk es 0.85, son cercanos entre sí, lo que indica que el proceso está centrado.

Respecto a la capacidad general del proceso, los índices Pp y Ppk, son 0.88 y 0.83, respectivamente, y son cercanos entre sí, pero menores a 1.33, Por lo tanto, el proceso no es capaz de lograr la elongación requerida, se debe mejorar su capacidad.

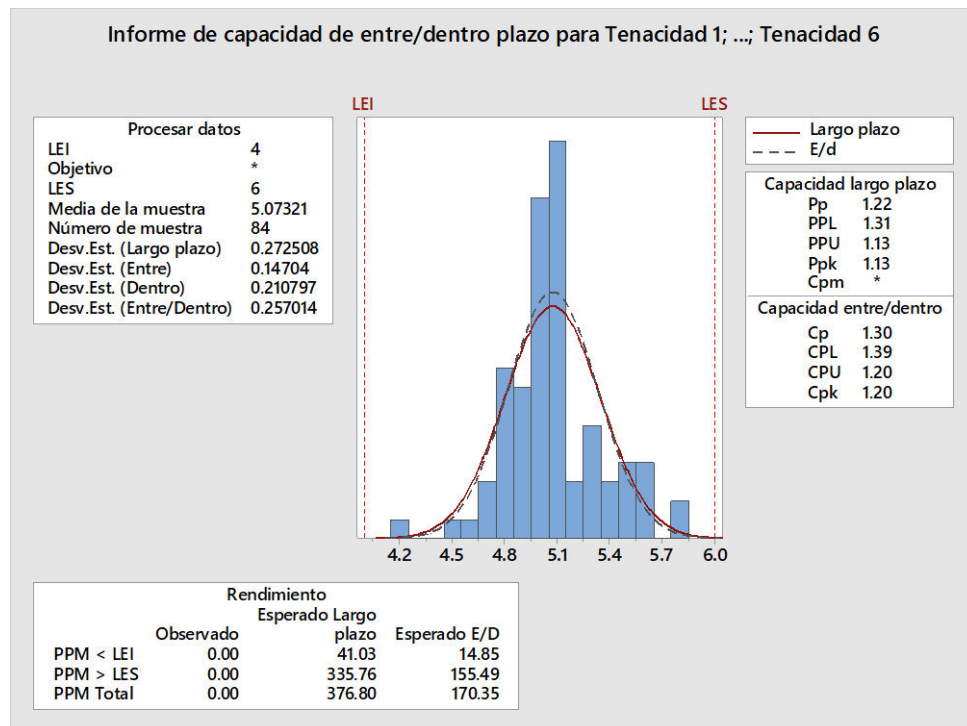


Figura 55: Informe de capacidad para la tenacidad en la extrusora Axisplast

Fuente: Elaboración propia

En la figura 55, se observa que los datos del histograma están centrados, dentro de los límites de especificación, la curva general (línea continua) y la curva de subgrupos/corto plazo (línea discontinua) están alineados por lo que el proceso es estable.

La capacidad de subgrupos/corto plazo (C_p) es 1.30 y C_{pk} es 1.20, son cercanos entre sí, lo que indica que el proceso está centrado.

Respecto a la capacidad general de proceso, se observa que los índices P_p y P_{pk} , son 1.22 y 1.13, respectivamente, no son cercanos entre sí y menores a 1.33, por lo tanto, el proceso no es capaz de lograr la tenacidad requerida, se puede mejorar su capacidad.

Los resultados de los indicadores del proceso de extrusión, para medir su desempeño, se muestran en el cuadro 29.

Cuadro 29: Indicadores base para el proceso de extrusión

OEE		Rendimiento (Y)		Nivel Sigma	
67.61%		98.28%		2.12	
Máquina	Propiedad	Índice Cp	Índice Cpk	Índice Pp	Índice Ppk
Lohia	Denier	0.54	0.51	0.53	0.51
	Elongación	1.26	0.88	1.12	0.78
	Tenacidad	0.79	0.73	0.71	0.65
Starex	Denier	0.64	0.54	0.70	0.58
	Elongación	1.08	0.98	1.07	0.97
	Tenacidad	1.44	0.89	1.29	0.80
Axisplast	Denier	0.71	0.67	0.70	0.67
	Elongación	0.90	0.85	0.88	0.83
	Tenacidad	1.30	1.20	1.22	1.13

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, es un proceso no capaz y está lejano a ser un proceso six sigma (valor actual 2.12).

4.5.8.2. Desempeño del proceso de telares

Indicador OEE

En la figura 56 se presenta el indicador OEE del proceso de telares, como se observa el factor de calidad (Q) es el que tiende a afectar la disminución del indicador OEE.

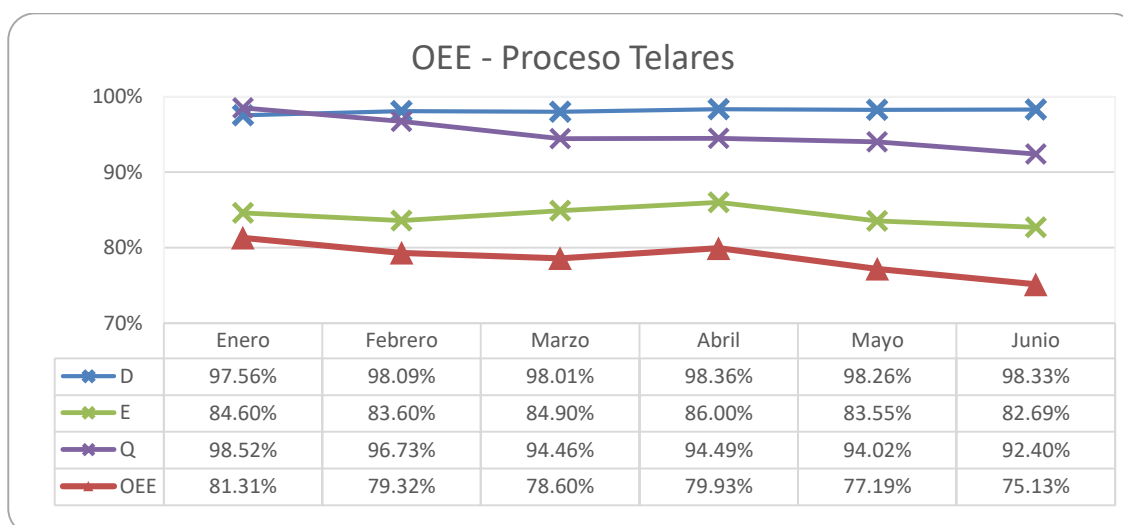


Figura 56: Indicador OEE del proceso de telares de enero a junio del 2017

Fuente: Elaboración propia

Rendimiento (Y) y nivel sigma

Primero se calcula el valor del DPU, en este caso es, es la división entre la merma de scrap de telares y la producción total de mangas en telares, considerando los datos desde enero hasta junio del 2017. En el cuadro 30 se muestra los resultados obtenidos.

Cuadro 30: Producción de mangas y merma de scrap en telares

Mes	Producción Total de mangas (kg)	Merma de scrap telares (kg)
Enero	404,051.87	10,379.36
Febrero	394,459.58	9,557.80
Marzo	415,008.67	10,275.23
Abril	420,014.25	10,385.13
Mayo	427,566.94	10,434.32
Junio	388,112.68	8,266.20
Total	2,449,214.00	59,298.04

Fuente: Elaboración propia

$$DPU = \frac{\text{Merma de scrap en telares (kg)}}{\text{Producción total de mangas (kg)}} = 0.0242$$

Reemplazando en la fórmula de rendimiento, se obtiene:

$$Y = e^{-0.0242} = 0.9761$$

Es decir, la probabilidad de que un kilo de mangas no sea merma de scrap es de 97.61%. Para convertir esto a nivel sigma, utilizamos la función DISTR.NORM.ESTAND.INV de Excel, cuyo valor será el nivel sigma de largo plazo (Z_L), a esto se adiciona 1.5 para obtener el nivel sigma de corto plazo (Z_C).

$$Z_L = \text{DISTR. NORM. ESTAND. INV} (0.9761) = 1.98$$

$$Z_C = Z_L + 1.5 = 3.48$$

Debido a que el nivel sigma a corto plazo asume que las fuentes de variabilidad están controladas, se toma el nivel sigma de largo plazo que es 1.98, por lo tanto, tiene un valor lejano a ser un proceso Six Sigma.

Capacidad del proceso

Se utiliza el software Minitab para calcular los índices de capacidad, en este caso, se analizará si el proceso cumple con las propiedades de ancho y gramaje. En las figuras 57 y 58 se muestran los informes de capacidad para cada propiedad.

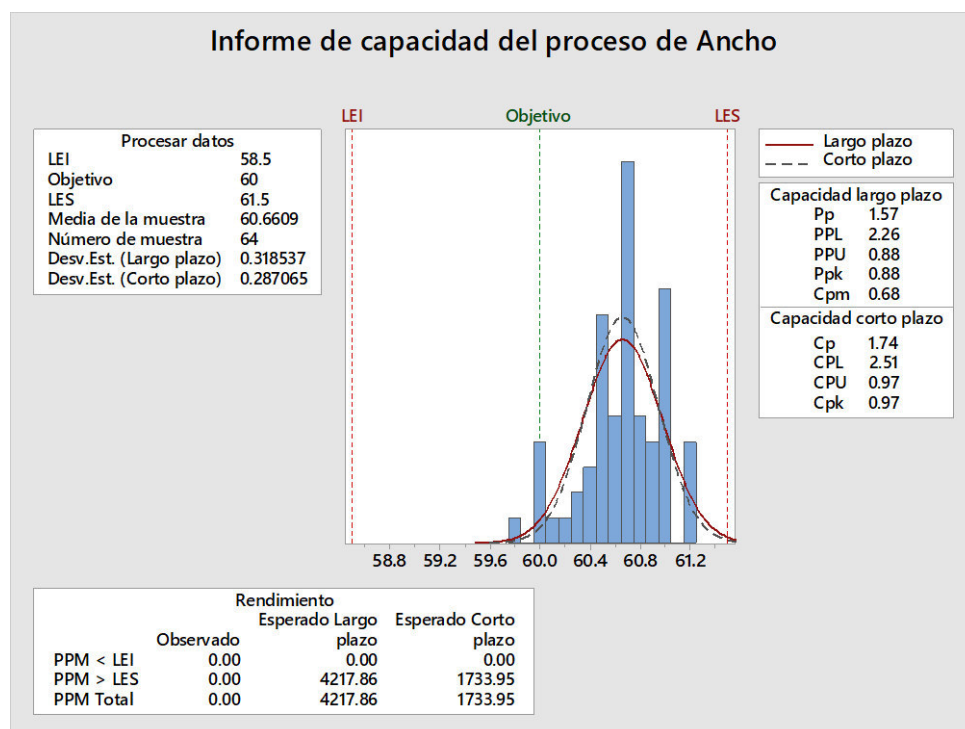


Figura 57: Informe de capacidad para el ancho de tela

Fuente: Elaboración propia

En la figura 57, se muestra el informe de capacidad respecto a las telas que tienen ancho nominal (teórico) 60cm, según el cuadro 6, el rango de tolerancia es de +/- 1.5 cm; por lo tanto, los límites inferior y superior son 58.5 cm y 61.5 cm, respectivamente.

Se observa que los datos del histograma están dentro de los límites de especificación, pero hacia el lado izquierdo (no son centrados). Además, la curva general (línea continua – largo plazo) y la curva de corto plazo (línea discontinua) están moderadamente cercanas y alineadas por lo que son estables. El pico de la distribución de los datos, no está centrado en el objetivo, la mayoría de los datos excede el valor objetivo. Los índices de capacidad Cpk, Ppk, y Cpm (0.97, 0.88 y 0.68) son menores a 1.33 por lo que el proceso no es capaz; es decir, que el proceso no cumple con los requisitos del cliente.

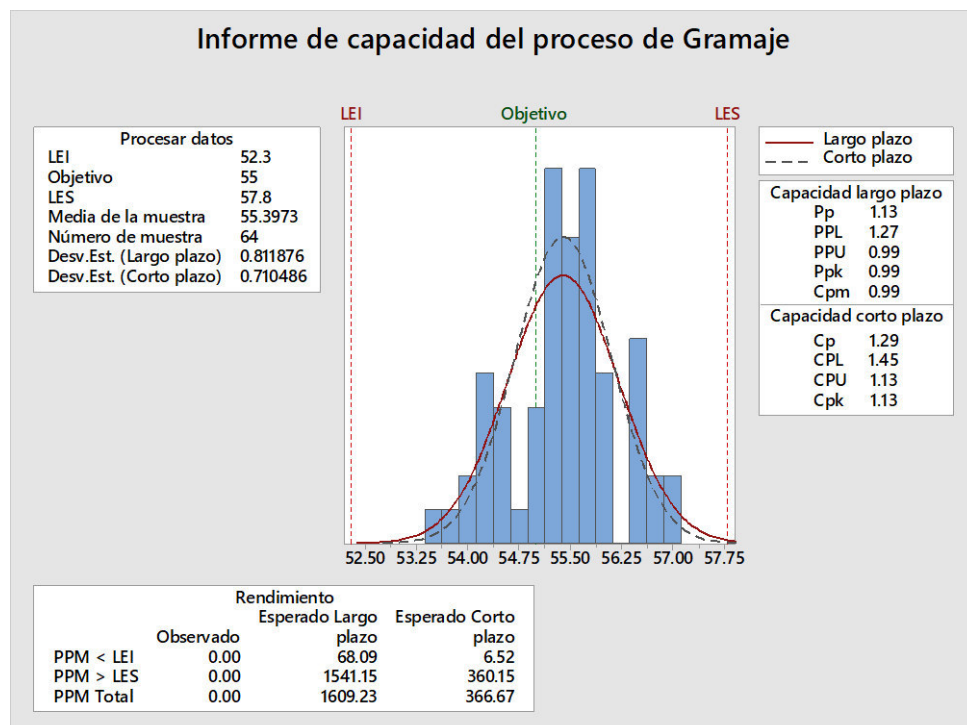


Figura 58: Informe de capacidad para el gramaje de tela

Fuente: Elaboración propia

En la figura 58, se muestra el informe de capacidad respecto a las telas que tienen gramaje nominal (teórico) 55 g/m², según el cuadro 6, el rango de tolerancia es de +/- 5% por lo que los límites inferior y superior son 52.3 g/m² y 57.8 g/m², respectivamente. Se observa que los datos del histograma están dentro de los límites de especificación.

Además, la curva general (línea continua – largo plazo) y la curva de corto plazo (línea discontinua) están moderadamente cercanas y alineadas por lo que son estables. El pico de la distribución de los datos está ligeramente centrado en el objetivo. Los índices de capacidad Cpk, Ppk, y Cpm (1.13, 0.99 y 0.99) son menores a 1.33 por lo que el proceso no es capaz; es decir, que el proceso no cumple con los requisitos del cliente.

En el cuadro 31 se muestran los indicadores del proceso de telares, para medir su desempeño.

Cuadro 31: Indicadores base para el proceso de telares

	OEE	Rendimiento (Y)	Nivel Sigma
	78.58 %	97.61%	1.98
Propiedad	Índice Cpk	Índice Ppk	Índice Cpm
Ancho	0.97	0.88	0.68
Gramaje	1.13	0.99	0.99

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, es un proceso no capaz y está lejano a ser un proceso six sigma (valor actual 1.98).

4.6. Desarrollo de la fase ANALIZAR

En esta fase el objetivo es identificar y confirmar la causa raíz del problema. Primero, se emplea el diagrama de flujo, luego, el diagrama de Ishikawa para identificar la “X” vitales, en seguida se utiliza la herramienta AMEF para identificar los principales efectos y ejecutar los planes de acción a los problemas. Finalmente, se contrastará con una prueba de hipótesis a la mejora planteada.

4.6.1. Diagrama de flujo a detalle

En las figuras 59 y 60 se muestran los diagramas de flujos para los procesos de extrusión y telares, respectivamente. Las “Y” son las variables críticas de salida y las “X”, son las entradas.

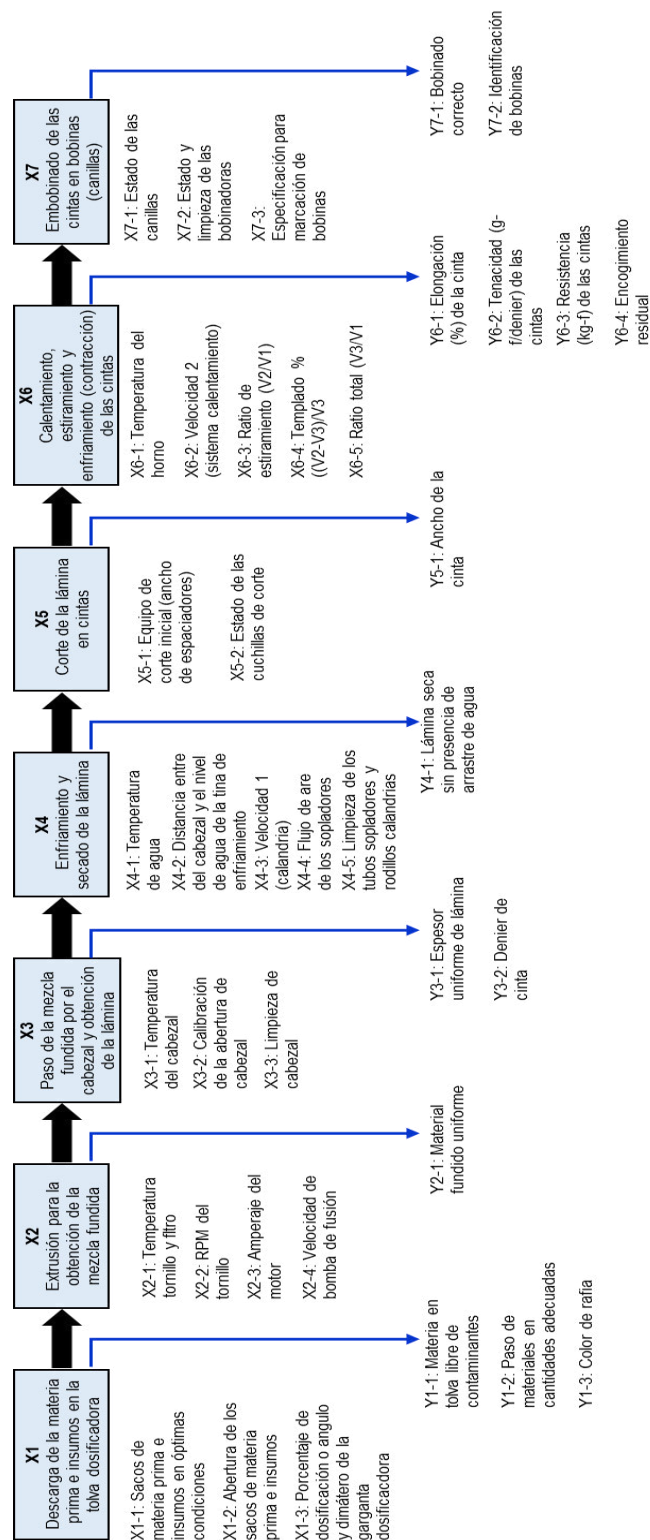


Figura 59: Diagrama de flujo a detalle del proceso de extrusión
Fuente: Elaboración propia

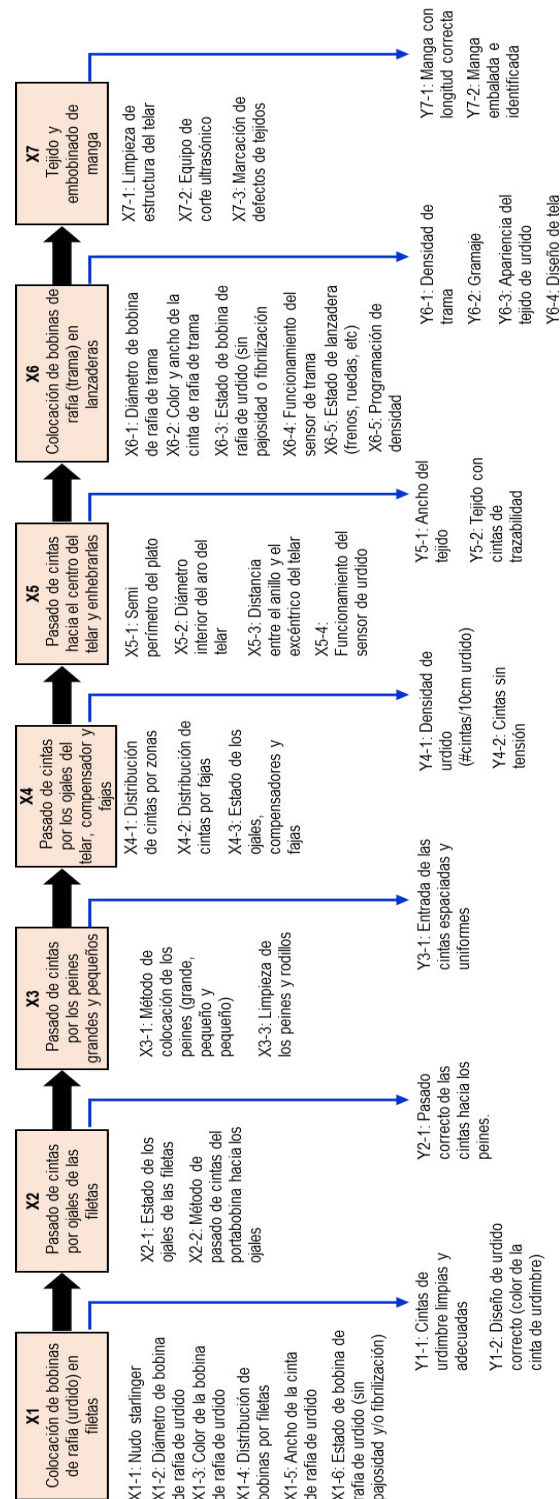


Figura 60: Diagrama de flujo a detalle del proceso de telares
Fuente: Elaboración propia

4.6.2. Diagrama de Ishikawa (o de causa-efecto)

Luego de mapear las actividades de cada proceso, el equipo Six Sigma se reunió para identificar las causas por las que se generan las mermas en el proceso, mediante una

tormenta de ideas; estas fueron revisas y agrupadas según el tipo de factor (mano de obra, materiales, método y/o maquinarias) y por tipo de merma (extrusión y telares). En las figuras 61 y 62 se muestran los diagramas de Ishikawa, para cada caso.

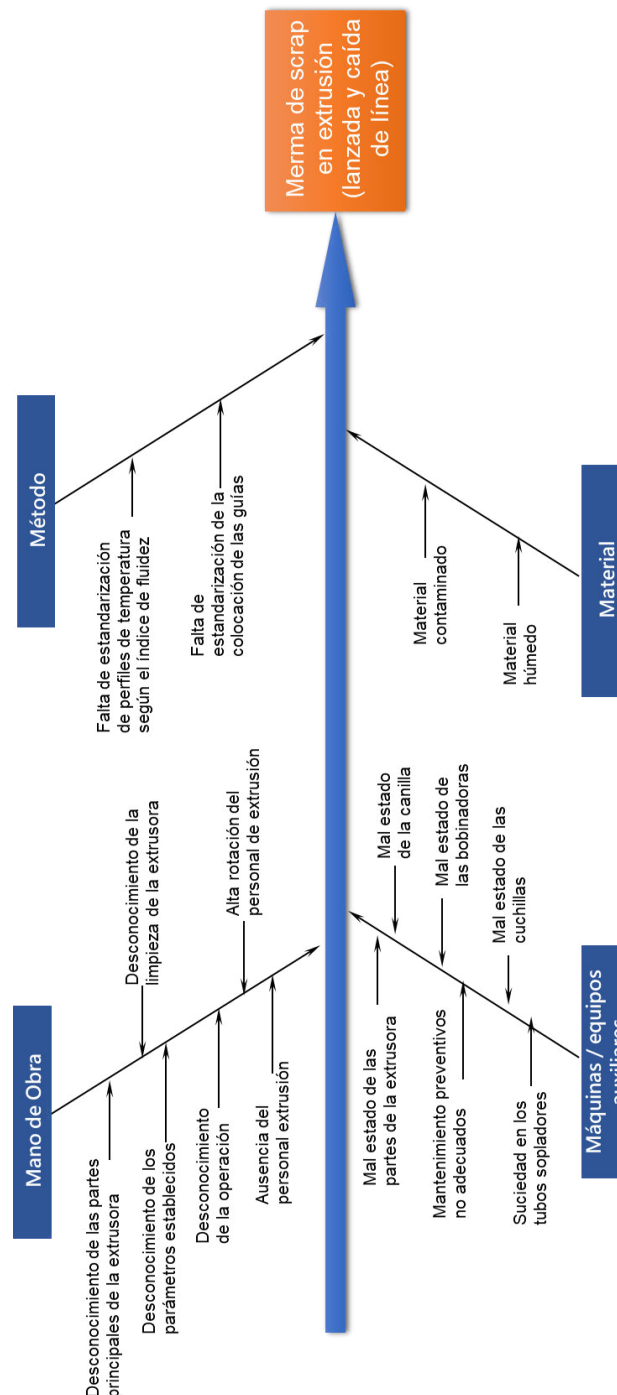


Figura 61: Diagrama de causa-efecto de la merma de scrap originado en el proceso de extrusión

Fuente: Elaboración propia

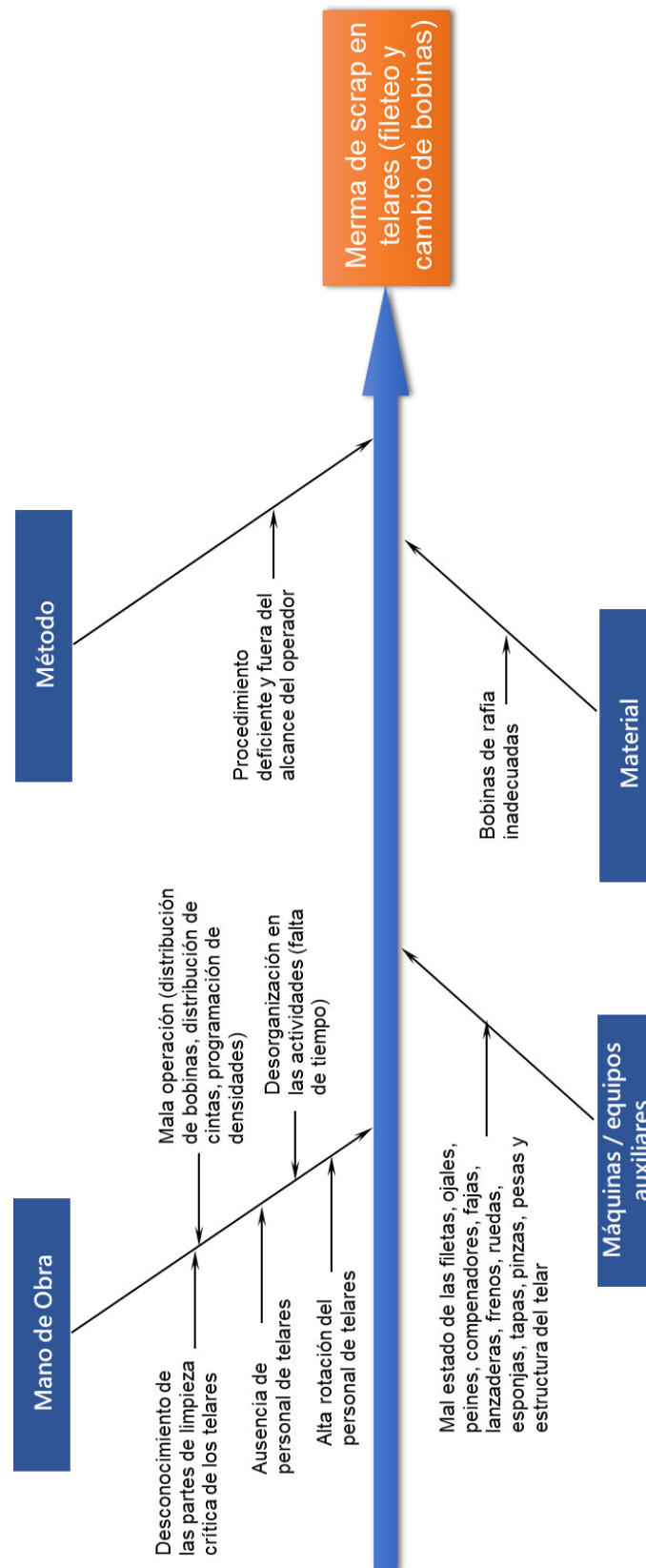


Figura 62: Diagrama de causa-efecto de la merma de scrap originado en el proceso de telares

Fuente: Elaboración propia

4.6.3. Análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF)

En el punto 4.6.2, el equipo Six Sigma, identificó las causas principales sobre la generación de merma de scrap durante los procesos de extrusión y telares, estos serán una entrada para desarrollar la herramienta AMEF (análisis de modo y efecto de las fallas).

El equipo de Six Sigma se reunió para desarrollar el AMEF de cada proceso, donde participaron el jefe de producción, analista de procesos, coordinador de aseguramiento de calidad, supervisor de producción, líder de extrusión, líder de telares, inspector de aseguramiento de calidad y operadores expertos (se escogió en base a su desempeño laboral, conducta y responsabilidad).

Primero, se identificó los modos de falla por cada etapa del proceso, segundo, se identificó los efectos que podrían generar cada modo de falla, luego, se evaluó que tan severo son los efectos, para el proceso, de un rango del 1 al 10 (ver criterios en el cuadro 32). Tercero, se identificó las causas probables para cada efecto, en este caso se utilizó las ideas plasmadas en el diagrama de Ishikawa, luego, se evaluó que tan ocurrencia se presentan en el proceso, de un rango del 1 al 10 (ver criterios en el cuadro 33). Cuarto, se detalló los controles que existen en el proceso para prevenir esas causas, luego, se evaluó que nivel de detección tienen estos controles de un rango del 1 al 10 (ver criterios en el cuadro 34). Finalmente, se calculó el NPR (número de prioridad de riesgo), mediante la siguiente fórmula:

$$NPR = Severidad \times Ocurrencia \times Detección$$

Por último, el equipo de Six Sigma planteó las acciones recomendadas para los valores más altos de NPR.

Cuadro 32: Criterios de valoración del factor severidad

Rango	Efecto
9 - 10	Peligroso
7 - 8	Alto
5 - 6	Moderado
3 - 4	Bajo
2 - 1	Menor o ninguno

Fuente: La empresa en estudio

Cuadro 33: Criterios de valoración del factor ocurrencia

Rango	Ocurrencia	Criterios
10	Muy alta	Ocurren más de 3 veces en el turno
9	Alta	Ocurre 3 veces en el turno
8	Alta	Ocurre entre 1 a 2 veces en el turno
7	Alta	Ocurre entre 1 a 2 veces al día
6	Moderada	Ocurre entre 3 a 4 veces a la semana
5	Moderada	Ocurre 1 vez a la semana
4	Moderada	Ocurre 2 a 3 veces al mes
3	Baja	Ocurren 1 vez al mes
2	Baja	Ocurren 3 a 4 veces al año
1	Muy baja	Ocurre 1 o 2 veces al año

Fuente: La empresa en estudio

Cuadro 34: Criterios de valoración del factor detección

Rango	Probabilidad	Criterios
10	Casi imposible	No existe un método de detección disponible o conocido que provea una alerta anticipada para planificar una contingencia
9	Muy remota	
8	Remota	El método de detección posee una efectividad, el riesgo no es detectado en la mayoría de veces que se presentan
7	Muy baja	
6	Baja	El método de detección posee una efectividad, el riesgo es detectado la mitad de las veces que se presentan
5	Moderado	
4	Moderadamente alto	Es muy probable detectar la falla. El defecto es una característica obvia
3	Alto	
2	Muy alto	El control de detección posee una efectividad alta y se tiene la certeza que el riesgo será detectado de inmediato
1	Casi segura	

Fuente: La empresa en estudio

En los cuadros 35 y 36 se presentan el AMEF para los procesos de extrusión y telares, respectivamente.

Cuadro 35: AMEF para el proceso de extrusión

Etapas de proceso	Modo potencial de falla	Efectos potenciales de la falla	Severidad	Causas potenciales de la falla	Ocurrencia	Controles actuales	NPR (S ^o D ^o)	Acción recomendada
X1: Descarga de la materia prima e insumos en la tolva dosificadora	Dosificación inadecuada de materia prima.	Color de cinta no requiendo	6	Desconocimiento del operador de extrusión sobre las especificaciones establecidas	9	Se tiene especificación técnica disponible en la red, pero los operadores no pueden acceder	10	Colocar la Especificación Técnica en el panel del operador
				Mala regulación y/o preparación del material	7	Calidad inspecciona la dosificación antes de lanzar el proceso	1	-
				Balanza des calibrada para el pesado de la materia prima	3	Programa de Mantenimiento y calibración de equipos de medición	1	-
				Falta de stock de materia prima	3	Reporte diario de Stock	4	-
	Materia prima contaminada y/o húmeda	Huecos en la lámina	8	Falta de inspección de la materia prima por parte de control de calidad	2	Controles establecidos en el Plan de Calidad	2	-
				Condiciones inadecuadas del almacén de materia prima	3	Inspección inopinada de calidad	2	-
				Falta de inspección del operador de extrusión	6	Capacitación insitu al puesto de trabajo	9	Crear un Programa de capacitación "Aprende con La Empresa" integral y efectiva (calidad, seguridad, etc.)
				Desconocimiento del índice de fluidez (cantidad de material que fluye a través del orificio de un dado capilar en 10 minutos)	8	Controles establecidos en el Plan de Calidad	7	Comunicación a producción los valores de índice de fluidez
				Falta de estandarización de los perfiles de temperatura (tomillo y filtro) según el índice de fluidez	9	No existe	10	Establecer, por extrusora, especificación técnica de perfiles de temperatura
				Desconocimiento de las partes principales motor, caja reductora, tomillo, bomba de fusión, etc.) y limpieza adecuada	9	Capacitación en el puesto de trabajo	8	Incluir el tema en el Programa de "Aprende con La Empresa"
X2: Extrusión de la materia prima para la obtención de la mezcla fundida	Parámetros de máquina inadecuado (temperatura de tomillo y filtro, velocidad y amperaje del motor)	Materia prima no fundida correctamente.	8	Desconocimiento del panel de control para asegurar un mayor monitoreo del sistema	8	Capacitación en el puesto de trabajo	9	576
				Desconocimiento del estado del tomillo extrusor	9	Mantenimiento preventivo	2	144
				Falta de mantenimiento preventivo del tomillo de extrusión, caja del motor y caja reductora	7	Programa de mantenimiento preventivo (over hou) una vez al año	8	448
	Falla del sistema extrusor	Caída de línea	10	Corte de energía eléctrica	5	Comunicado del proveedor de energía eléctrica	5	250
				Desgaste de las partes principales	8	Identificación durante el mantenimiento preventivo	2	160

X3: Paso de la mezcla fundida por el cabezal y obtención de la lámina	Temperatura de cabezal inadecuado		Falta de estandarización de los perfiles de temperatura (cabezal) según los índices de fluidez del polipropileno	9	No existe	10	810	Establecer por cada máquina una especificación técnica de perfiles de temperatura vs índice de fluidez
	Calibración inadecuada del cabezal (apertura y limpieza)	9	Desconocimiento del operador de extrusión sobre el proceso de calibración del cabezal	9	Capacitación en el puesto de trabajo	9	729	Incluir el tema en el Programa de "Aprende con La Empresa"
			Zonas no identificadas del cabezal	9	En el cabezal está escrito con plumón	6	486	Zonificar las partes del cabezal
			Herramienta inadecuada para la calibración	5	No existe check list de herramienta	5	225	Elaborar check list de herramientas
			Limpieza inadecuada del cabezal	9	Capacitación en el puesto de trabajo	8	648	Incluir el tema en el Programa de "Aprende con La Empresa"
X4: Enfriamiento y secado de la lámina	Parámetros de máquina inadecuado (T° agua, distancia entre cabezal y nivel de agua y V1-calandria)		Falta de conocimiento sobre los parámetros de máquina	9	Se tiene disponible en la red, pero los operadores no pueden acceder	10	540	Colocar la Especificación Técnica en el panel del operador
	Limpieza inadecuada de tubos sopladores y rodillo calandria	6						
		Lámina con agua (cinta pajosa)						
			Desconocimiento del funcionamiento del sistema calandria y sus partes principales (rodillos y tubos sopladores)	7	No existe	10	420	Incluir el tema en el Programa de "Aprende con La Empresa"
			Desconocimiento de la correcta limpieza	7	Capacitación en el puesto de trabajo	8	336	
X5: Corte de la lámina en cintas	Equipo de corte inadecuado		Desconocimiento del operador de extrusión sobre los equipos de corte inicial a utilizar según el tipo de cinta, previamente establecidas	9	Se tiene especificación técnica disponible en la red, pero los operadores no pueden acceder	10	450	Colocar la Especificación Técnica en el panel del operador
	Mal estado de las cuchillas	5	Desconocimiento del estado óptimo de las cuchillas de corte	4	Check list	10	200	-
		Ancho de cinta fuera de especificación	Falta de stock de cuchillas para reposición	3	No existe	7	105	Incluir las cuchillas en el listado de reposición automática
	Proceso inadecuado del cambio de equipo de corte	10	Desconocimiento del proceso de cambio de los equipos de corte	2	Capacitación insitu al puesto de trabajo	8	160	Incluir el tema en el Programa de "Aprende con La Empresa"
		Accidente del operador						
X6: Calentamiento, estrimamiento y enfriamiento (contracción de las cintas)	Parámetros de máquina inadecuado (T° de horno, ratio de estrimamiento, templado y total)	8	Falta de estandarización de parámetros: T° de hornos, v 2 y v 3 (línea)	8	No existe	10	640	Establecer por extrusora especificación técnica de perfiles de temperatura vs índice de fluidez
		Elongación y tenacidad fuera de especificación	Desconocimiento de las partes principales del sistema contracción - estrimamiento, su limpieza adecuada y cómo funciona entre sí (hornos, rodillos calientes, y rodillos fríos).	8	Capacitación en el puesto de trabajo	8	512	Incluir el tema en el Programa de "Aprende con La Empresa"
		Caída de línea	Desconocimiento del flujo de aire que ingresa al horno	5	No existe	10	500	

X7: Embobinado de las cintas en bobinas (canillas)	Mal estado de las canillas	7	Embobinado incorrecto	Falta de inspección de las canillas	8	No existe	10	560	Incluir el tema en el Programa de "Aprende con La Empresa"
				Falta de stock disponibles de canillas	3	No existe	4	84	
				Desconocimiento del estado óptimo de las canillas	2	Capacitación en el puesto de trabajo	8	112	
	Mal estado y limpieza inadecuada de las bobinadoras		Desconocimiento de las partes principales de las embobinadoras y la limpieza adecuada	8	Capacitación en el puesto de trabajo	8	448	Incluir el tema en el Programa de "Aprende con La Empresa"	
	Proceso inadecuado del embobinado		Posición inadecuada de las guías cintas	8	No existe	10	560	Elaborar una cartilla de trabajo	
			Desconocimiento del personal	8	Capacitación en el puesto de trabajo	8	640	Incluir el tema en el Programa de "Aprende con La Empresa"	
			Alta rotación del personal o ausencia de bobinadores	7	Programa de bonos por logro de meta de trabajo	7	490	Crear un programa de premiación de mejor operario por área y grupo de trabajo	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 36: AMEF para el proceso de telares

Etapas de proceso	Modo potencial de falla	Efectos potenciales de la falla	Severidad	Causas potenciales de la falla	Ocurrencia	Controles actuales	Detección	NPR (S ^o O ^o D)	Acción recomendada
X1: Colocación de bobinas de rafia (urdido) en filetas	Bobinas de urdido inadecuadas	Diseño de urdido inadecuado	9	Desconocimiento de la identificación y estado óptimo de bobinas (diámetro, defectos, etc.)	7	Procedimiento de la operatividad de telares	8	504	Actualizar el procedimiento e incluirlo en el Programa "Aprende con La Empresa"
				Desconocimiento de la identificación de bobina (ancho de cinta, denier y color)	4	Charlas de inicio de turno de trabajo	7	252	-
				Bobinas de urdido mal identificadas	5	Ficha de identificación de bobinas	6	270	-
				Falta de material en almacén de rafia	3	Programación de extrusión (bobinas de rafia)	8	216	-
				Desconocimiento de la limpieza e inspección del estado de las filetas y portabobinas	5	Capacitación en el puesto de trabajo	9	450	-
	Mal estado de las filetas	Rotura de cintas de urdimbre	10	Falta de seguro en las portabobinas	8	Ninguno	10	800	Elaborar cronograma para el cambio de seguros de las portabobinas (4 meses para los 47 telares)
				Limpieza inadecuada de las filetas	7	Check list de operatividad	8	560	Incluir actividad en la inspección de los líderes y en el relevo
				Falta de tiempo para la limpieza	9	Apoyo del líder de área	2	180	-
				Desconocimiento del nudo startinger	3	Capacitación en el puesto de trabajo	8	192	-
				Desconocimiento sobre la distribución correcta de las bobinas en las filetas	7	Capacitación en el puesto de trabajo	9	504	Creación de cartilla y pegado en máquina sobre la distribución de cintas
X2: Pasado de cintas por ojales de las filetas	Operación inadecuada del pasado de cintas	Rotura de cintas de urdimbre	10	Mal pasado de cintas (extremos con extremos e interno vs internos)	10	Procedimiento de la operatividad de telares	9	900	Realizar un mantenimiento preventivo y limpieza general del telar
				Falta de mantenimiento preventivo del estado de las filetas y sus ojales	9	Mantenimientos correctivos, ordenes de mantenimiento	7	630	Incluir la actividad en la inspección de los líderes de turno y durante el relevo del turno
	Mal estado de los ojales de la fileta	Cintas sucias	8	Limpieza inadecuada de los ojales de las filetas	10	Check list de operatividad	9	720	-
				Falta de tiempo para la limpieza de los ojales	7	Apoyo del auxiliar	5	280	-

X3: Pasado de cintas por los peines grandes y pequeños	Mal estado de los peines y rodillos Operación inadecuada del pasado de cintas	Rotura de cintas de urdimbre Cintas cruzadas	10	Falta de inspección y limpieza de los peines	5	Ninguno	5	250	-
X4: Pasado de cintas por los ojales del telar, compensador y fajas	Operación inadecuada sobre la distribución de las cintas	Densidad de urdido no requerido	9	Desconocimiento de la distribución de cintas por zonas y fajas	4	Procedimiento de la operatividad de telares	3	108	-
	Mal estado de los componentes	Rotura de cintas de urdimbre	10	Falta de limpieza e inspección a los ojales, compensadores y fajas	8	Check list de operatividad	8	640	-
X5: Pasado de cintas hacia el centro del telar y enhebrarlas	Operación inadecuada del centro del telar	Ancho no requerido	10	Plato y aro inadecuado	2	Procedimiento de la operatividad de telares	2	40	-
	Bobinas de trama inadecuadas	Densidad de trama no requerida	10	Desconocimiento de la identificación y estado óptimo de bobinas (diámetro, defectos, etc.)	8	Procedimiento de la operatividad de telares	5	400	Creación de cartilla y pegado en máquina sobre la distribución de cintas
X6: Colocación de bobinas de rafia (trama) en lanzaderas	Mal estado de las lanzaderas	Rotura de cintas de trama	10	Bobinas de trama mal identificadas	3	Ficha de identificación de bobinas	2	60	Pegado en la máquina la especificación de identificación de bobinas.
	Operación inadecuada de colocación de bobinas de trama	Gramaje no requerido	8	Desconocimiento de la limpieza e inspección del estado de las lanzaderas (ruedas, frenos)	8	Check list de operatividad	8	512	-
X7: Tejido y embobinado de manga	Falla de potenciómetro	Diseño de trama inadecuado	8	Mala distribución de bobinas de trama	8	Procedimiento de la operatividad de telares	5	320	-
	Falta de limpieza del telar	Manga mal embobinada	6	Mala programación de la densidad en el panel de control	1	Procedimiento de la operatividad de telares	2	16	-
				Falta de comunicación a mantenimiento	2	Inspección de líder de telares	3	36	-
				Falta de inspección y limpieza de las estructuras del telar	6	Check list de operatividad	6	216	-

Fuente: Elaboración propia

Según los valores del NRP más alto (ver los cuadros 35 y 36), el equipo Six Sigma concluye que, las causas más relevantes relacionadas a la generación de merma de scrap en el proceso de extrusión son la falta de estandarización de los perfiles de temperatura del tornillo, filtro y cabezal, embobinado correcto, limpieza adecuada y desconocimiento de parámetros de proceso y máquina; y en el proceso de telares son la limpieza inadecuada de los telares y desconocimiento del método de trabajo.

4.6.4. Prueba de hipótesis

Se coordinó entre los Green Belt y el Patrocinador del equipo Six Sigma, ejecutar las acciones planteadas en el AMEF, a un grupo piloto. En el caso del proceso de extrusión, se implementó las acciones en la extrusora Lohia, por ser una máquina versátil durante 15 días, cada día se escogió dos muestras (dos turnos por día). En el caso del proceso de telares, se implementó las acciones en a 2 telares durante 13 días (1 muestra por día).

Posteriormente, se reunió el equipo Green Belt con los supervisores de producción, coordinador de calidad y los operadores de turno para explicar los resultados obtenidos hasta esta fase y las acciones que se implementarían en su grupo.

4.6.4.1. Proceso de extrusión

El Jefe de Producción y Coordinador de Calidad se reunieron para definir los perfiles de temperatura de Lohia y actualizar las especificaciones de los parámetros de máquina y proceso. Luego, las especificaciones fueron capacitados al Supervisor y Líder de Extrusión, quienes a su vez capacitaron a los operadores de extrusión y, además, sobre las partes principales de la extrusora, el funcionamiento

del mismo. Adicionalmente se habilitó nuevas herramientas de trabajo para la adecuada limpieza y operatividad de la extrusora.

Luego de la implementación, se recogieron los datos obtenidos, las cuales se muestra en el cuadro 37.

Cuadro 37: Medición del denier, elongación y tenacidad, antes y después de la implementación de las acciones de mejora en el proceso de extrusión, en la extrusora Lohia.

	ANTES DE LA MEJORA			DESPUÉS DE LA MEJORA		
	Denier Objetivo: 850 Mínimo: 807.5 Máximo: 892.5	Elongación Mínimo: 20 Máximo: 30	Tenacidad Mínimo: 4.5 Máximo: 6	Denier Objetivo: 850 Mínimo: 807.5 Máximo: 892.5	Elongación Mínimo: 20 Máximo: 30	Tenacidad Mínimo: 4.5 Máximo: 6
	847	23.4	5.5	886	24.1	5.1
	871	24.9	5.2	859	26.6	4.8
	810	24.7	5.6	813	24.5	5.4
	852	24.9	5.9	888	25.2	5.3
	876	24.4	5.7	842	24.6	5.1
	845	24.1	5.4	855	25.4	5.3
	862	25.2	5.3	856	27.7	5.0
	879	23.8	5.6	858	25.5	5.5
	833	21.7	5.8	892	25.2	5.0
	851	25.7	5.8	872	23.3	4.8
	843	23.4	5.4	867	25.3	5.2
	851	24.8	5.3	855	24.9	5.0
	837	24.6	5.6	877	24.5	5.2
	825	22.3	5.9	850	22.7	5.6
	836	22.5	5.7	879	24.0	4.6
	833	22.4	5.4	869	25.5	5.5
	866	24.3	5.2	845	25.0	5.3
	819	24.2	5.5	837	23.2	4.8
	860	25.6	5.4	875	24.3	5.0
	865	23.9	5.5	852	26.1	4.9
	849	23.4	5.3	876	23.9	5.3
	888	23.5	5.1	828	25.7	5.5
	831	25.2	5.6	862	23.8	4.9
	823	23.2	5.8	872	22.5	5.2
	872	24.8	5.7	817	27.6	5.2
	850	23.6	5.3	848	25.5	5.2
	870	25.0	5.2	855	26.2	5.0
	844	25.3	5.5	849	25.6	5.4
	820	24.5	5.7	876	22.8	5.2
	871	22.6	5.6	831	23.2	5.0
Promedio	849	24.1	5.5	858	24.8	5.1
Varianza	777.72	3.608	0.088	362.24	1.793	0.045

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro 37, se observa que los promedios de los datos obtenidos del denier, elongación y tenacidad, después de la implementación de las acciones de mejora, están más cerca al valor objetivo y tienen menor variabilidad, por lo tanto, la capacidad del proceso pudo haber mejorado y en consecuencia la generación de merma haber disminuido.

Para confirmar lo anterior, se plantea una prueba de hipótesis, con nivel de significancia de 0.05, para la comprobación de varianza por medio de la distribución de F de Fisher. En efecto, comprobar si existió algún cambio significativo después de la implementación de la propuesta de mejora. Se plantea la hipótesis para las propiedades que se mide en extrusión: denier, elongación y tenacidad.

a) Prueba de hipótesis 1 – Evaluación del denier:

σ_1^2 : varianza de los datos muestrales del denier antes de la implementación de la mejora

σ_2^2 : varianza de los datos muestrales del denier después de la implementación de la mejora

Planteamiento de hipótesis:

$$H_0: \sigma_1^2 \leq \sigma_2^2$$

$$H_a: \sigma_1^2 > \sigma_2^2$$

Nivel de significancia 0.05. El estadístico de prueba sigue la distribución F (prueba de varianza). Los tamaños de las muestras son 30, por lo tanto, los grados de libertad son 29; el valor crítico es $F(29,29) = 1.86$. Luego, se calcula el valor estadístico de prueba:

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = \frac{777.72}{362.24} = 2.14$$

La decisión es rechazar la hipótesis nula, debido a que el valor calculado F (2.14) es mayor que el valor crítico (1.86). Se concluye que antes de la implementación de la mejora se tenía mayor variabilidad en los resultados.

b) Prueba de hipótesis 2 – Evaluación de la elongación:

σ_1^2 : varianza de los datos muestrales de la elongación antes de la implementación de la mejora

σ_2^2 : varianza de los datos muestrales de la elongación después de la implementación de la mejora

Planteamiento de hipótesis:

$$H_0: \sigma_1^2 \geq \sigma_2^2$$

$$H_a: \sigma_1^2 < \sigma_2^2$$

Nivel de significancia 0.05. El estadístico de prueba sigue la distribución F. Los tamaños de las muestras son 30, por lo tanto, los grados de libertad son 29; el valor crítico es $F(29,29) = 1.86$. Luego, se calcula el valor estadístico de prueba.

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = \frac{3.608}{1.793} = 2.01$$

La decisión es rechazar la hipótesis nula, porque el valor calculado F (2.01) es mayor que el valor crítico (1.86). Se concluye que antes de la implementación de la mejora se tenía mayor variabilidad en los resultados.

c) Prueba de hipótesis 3 – Evaluación de la tenacidad:

σ_1^2 : varianza de los datos muestrales de la tenacidad antes de la implementación de la mejora

σ_2^2 : varianza de los datos muestrales de la tenacidad después de la implementación de la mejora

Planteamiento de hipótesis:

$$H_0: \sigma_1^2 \geq \sigma_2^2$$

$$H_a: \sigma_1^2 < \sigma_2^2$$

Nivel de significancia 0.05. El estadístico de prueba sigue la distribución F. Los tamaños de las muestras son 30, por lo tanto, los grados de libertad son 29; el valor crítico es $F(29,29) = 1.86$. Luego, se calcula el valor estadístico de prueba.

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = \frac{0.088}{0.045} = 1.95$$

La decisión es rechazar la hipótesis nula, porque el valor calculado F (1.95) es mayor que el valor crítico (1.86). Se concluye que antes de la implementación de la mejora se tenía mayor variabilidad en los resultados

4.6.4.2. Proceso de Telares

El líder y capacitador de telares se reunieron para elaborar el plan de implementación de las acciones de mejora, en el grupo piloto, entre ellas fue rediseñar el check list de máquina para que el operador ejecute una óptima inspección de la máquina durante su turno de trabajo; elaborar cartillas sobre el correcto pasado de cintas desde las portabobinas hacia los ojales de las filetas; inspeccionar los componentes críticos (fajas, compensadores, ruedas, lanzaderas y portabobinas) de la máquina y elaborar una cartilla sobre las especificaciones correctas de un bobina para prevenir el ingreso de una bobina defectuosa en la máquina.

Luego de la implementación de las acciones de mejora, se obtuvieron los datos mostrados en el cuadro 38.

Cuadro 38: Medición del ancho y gramaje, antes y después de la implementación de las acciones de mejora en el proceso de telares.

ANTES DE LA MEJORA		DESPUÉS DE LA MEJORA	
Ancho (cm) <i>Objetivo: 60</i> <i>Mínimo: 58.5</i> <i>Máximo: 61.5</i>	Gramaje (g/m2) <i>Objetivo: 55</i> <i>Mínimo: 52.3</i> <i>Máximo: 57.8</i>	Ancho (cm) <i>Objetivo: 60</i> <i>Mínimo: 58.5</i> <i>Máximo: 61.5</i>	Gramaje (g/m2) <i>Objetivo: 55</i> <i>Mínimo: 52.3</i> <i>Máximo: 57.8</i>
60.3	55.3	60.1	54.0
60.5	55.9	60.45	54.3
61	54.4	60.8	54.6
60.9	55.6	60.6	54.2
60	55.7	60.6	53.8
60.2	57.0	60	53.7
61	56.4	60	54.4
61	56.4	60.3	54.2
60.2	54.8	60.1	53.0
60.7	56.5	60.1	54.0
60.1	55.2	60	53.8
60.1	55.3	60.1	54.1
60.3	55.6	60.5	55.7
61	53.9	60.4	54.1
60.8	54.2	60.35	53.6
60.9	53.9	60.5	54.3
60.1	53.5	60.3	54.5
61	54.2	60.1	53.7
60.7	55.2	60.8	54.0
60.8	54.6	60.25	53.3
61.2	54.4	60.7	54.1
60.7	55.1	60.2	54.1
61	54.4	60.55	53.9
60.7	55.8	60.3	55.0
61.2	56.8	60.25	54.4
60.7	55.3	60.05	54.2
Media	60.658	60.323	54.11
Varianza	0.141	0.062	0.273

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro 38, se observa que los promedios de los datos obtenidos del ancho y gramaje, después de la implementación de las acciones de mejora, están más cerca al valor objetivo y tienen menor variabilidad, por lo tanto, la capacidad del proceso pudo haber mejorado y en consecuencia la generación de merma haber disminuido.

Para confirmar lo anterior, se plantea una prueba de hipótesis, con nivel de significancia de 0.05, para la comprobación de varianza por medio de la distribución de F de Fisher. En efecto, comprobar si existió algún cambio significativo después de la implementación de la propuesta de mejora. Se plantea la hipótesis para las propiedades que se mide en telares: ancho y gramaje.

a) Prueba de hipótesis 4 – Evaluación del ancho:

σ_1^2 : varianza de los datos muestrales del ancho antes de la implementación de la mejora

σ_2^2 : varianza de los datos muestrales del ancho después de la implementación de la mejora

Planteamiento de hipótesis:

$$H_0: \sigma_1^2 \leq \sigma_2^2$$

$$H_a: \sigma_1^2 > \sigma_2^2$$

Nivel de significancia 0.05. El estadístico de prueba sigue la distribución F. Los tamaños de las muestras son 26, por lo tanto, los grados de libertad son 25; el valor crítico es $F(25,25) = 1.96$. Luego, se calcula el valor estadístico de prueba: Luego, se calcular el valor estadístico de prueba:

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = \frac{0.141}{0.062} = 2.27$$

La decisión es rechazar la hipótesis nula, porque el valor calculado F (2.27) es mayor que el valor crítico (1.96). Se concluye que antes de la implementación de la mejora se tenía mayor variabilidad en los resultados.

b) Prueba de hipótesis 5 – Evaluación del gramaje:

σ_1^2 : varianza de los datos muestrales del gramaje antes de la implementación de la mejora

σ_2^2 : varianza de los datos muestrales del gramaje después de la implementación de la mejora

Planteamiento de hipótesis:

$$H_0: \sigma_1^2 \geq \sigma_2^2$$

$$H_a: \sigma_1^2 < \sigma_2^2$$

Nivel de significancia 0.05. El estadístico de prueba sigue la distribución F. Los tamaños de las muestras son 30, por lo tanto, los grados de libertad son 29; el valor crítico es $F(25,25) = 1.96$. Luego, se calcula el valor estadístico de prueba:

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = \frac{0.902}{0.273} = 3.304$$

La decisión es rechazar la hipótesis nula, porque el valor calculado F (3.304) es mayor que el valor crítico (1.96). Se concluye que antes de la implementación de la mejora se tenía mayor variabilidad en los resultados.

4.7. Desarrollo de la fase MEJORAR

Como se observa en la fase previa de Analizar, las diversas pruebas de hipótesis realizadas, comprobaron que ejecutando las acciones planteadas en el AMEF (ver cuadros 35 y 36), se mejoró los resultados de las pruebas de control que se realizan en los procesos de extrusión y telares, por lo tanto, se tendrá menor merma de scrap.

4.7.1. Plan de mejoras

Dentro de los planes de mejorar fue la elaboración del proyecto de capacitación del personal, mediante el programa “Aprende con La Empresa”, donde se estimó presupuesto y personal a cargo, desde la elaboración de la carta de proyecto hasta el inicio de las capacitaciones. Adicionalmente se reforzaron los instructivos y procedimientos de trabajo, las cuales no estaban disponibles.

4.7.1.1. Plan de capacitación al personal

Como se mencionó en las acciones planteadas en el AMEF, la capacitación es fundamental en todo proceso productivo, por lo que es necesario que todo el personal conozca la empresa, los procesos que realiza, el nivel de importancia de su trabajo, es decir, el objetivo es tener operadores más capacitados, comprometidos y motivados con su trabajo.

En ese sentido, antes de iniciar las capacitaciones, se realizó una prueba de conocimientos básicos de su proceso, donde se obtuvo resultados no deseados, tales como: desconocimiento de los valores de la empresa, los tipos de productos que ofrece la empresa, los procesos de producción, su peligros y riesgos del puesto de trabajo y el sistema bonificación por cumplimiento de metas.

El equipo de Green Belt propuso un plan de capacitación de ciclo continuo, es decir, que el operador sea capacitado y evaluado constantemente, dos veces al año, para ello elaboró e implementó el proyecto “Aprende con La Empresa”, en el cuadro 39 se muestra la carta del proyecto.

Cuadro 39: Carta de proyecto “Aprende con La Empresa”.

Nombre del proyecto	Planificación y ejecución del programa capacitación para operadores de producción de sacos Lurín 1
Preparado por	Hector Madrid y Lyz Mallqui
Revisado y Aprobado por	Wilinton Lozano
Fecha última de revisión	1 de Agosto de 2017
Alcance	Aplica a los 221 operadores y auxiliares de sacos. Las capacitaciones se realizarán durante el turno día, es decir, de lunes a viernes, excepto los feriados y el último día del mes.
Desarrollo	Se ha elaborado módulos por cada puesto de trabajo, luego de finalizar las capacitaciones se evaluará y premiará a los mejores resultados. La capacitación se realizará de manera semestral
Inicio de las capacitaciones	3 de Setiembre del 2017
Justificación	
En el 2016, en la planta sacos Lurín 1, se identificó que la conducta y rendimiento del personal operativo influye directamente en la calidad de nuestros productos y en la optimización de procesos productivos. Para el 2017, el objetivo es tener operadores más capacitados, comprometidos y motivados con su trabajo.	
Objetivo	
Tener el 100 % de los operadores capacitados. Incrementar la curva de aprendizaje del operador. Disminuir la rotación del personal, excepto por problemas estrictamente personales.	
Ahorros / Beneficios Esperados	
Aumentar la utilización de máquina (extrusión, telares, acabados) y disminuir las ineficiencias del proceso. Hacer los resultados sostenibles en el tiempo.	

Fuente: Elaboración propia

Como se indica en el desarrollo de la carta del proyecto, la capacitación se desarrolla en cuatro módulos, cada uno de ellos tiene un objetivo específico por cada puesto de trabajo. Cabe resaltar que la capacitación de cada módulo es evaluada y de forma secuencial, es decir, luego que todos los operadores hayan recibido la capacitación del módulo 1, continúan con el módulo 2, y así sucesivamente.

El objetivo del primer módulo es que la conocer la empresa e identificarse con ella, tener un marco referencial de quienes son y el objetivo que se quiere lograr.

El segundo módulo, tiene como objetivo, conocer e identificar las partes principales de la máquina, estandarizar el método de trabajo, conocer los parámetros de máquina y condiciones de operación.

El objetivo del tercer módulo es conocer los defectos y/o problemas del proceso, las más críticas y recurrentes, para dar solución inmediata y conocer las metas e indicadores de producción y del puesto de trabajo.

El objetivo del cuarto módulo es la identificación de los peligros y riesgos y las medidas de control existente, además del uso correcto de los EPP's. Los temas de cada módulo se observan en la figura 63.



Figura 63: Descripción de los módulos de capacitación

Fuente: Elaboración propia

La capacitación se realiza durante la jornada laboral en grupos de 3 a 5 personas, sin afectar el trabajo, ni generando sobre tiempos; cada módulo es evaluado mediante un examen. En la tabla 40 se muestra las horas totales de capacitación por operario de cada área.

Cuadro 40: Total de horas de capacitación por operario.

PUESTO DE TRABAJO	I	II	III	IV	Total (min)
Extrusión	90	90	30	40	250
Laminado	90	90	30	30	240
Peletizado	90	65	40	40	235
Telares	90	100	30	40	260
Impresión	90	105	60	40	295
Conversión	90	100	40	40	270
Labores Manuales	90	70	30	40	230
Prensa	90	70	40	40	240

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 41 se muestra el presupuesto inicial del proyecto, la cual se tuvo variaciones en los materiales de capacitación y refrigerio por la alta rotación del personal.

Cuadro 41: Presupuesto inicial del proyecto “Aprende con la empresa”.

Materiales	Detalle	Responsable	Costo
Infraestructura	En sala 2 y el comedor, este ambiente es adecuados por el aislamiento de ruidos y privacidad.	La Empresa	S/. 0
Mobiliario, equipos y herramientas para la capacitación.	1 Pizarra móvil	Producción	S/. 55
	3 Plumones	Producción	S/. 15
	1 Proyector	Producción	S/. 300
	1 Laptop, por las horas de capacitación	Sistemas	S/. 1500
	250 lapiceros c/logo	RRHH	S/. 150
	250 Block Pequeño c/logo	RRHH	S/. 300
	Refrigerio	RRHH	S/. 200
Documento técnico - educativo	Impresión de los módulos a color	Producción	S/ 640
Premios	21 vales para los mejores desempeños.	RRHH	S/. 420
TOTAL			S/. 3,640

Fuente: Elaboración propia

En el anexo 5 se muestran las fotos de las capacitaciones y de la premiación a los mejores operadores destacados de la capacitación.

4.7.1.2. Elaboración y actualización de los instructivos y procedimientos de trabajo

a) Proceso de extrusión:

El polipropileno (PP) es la materia prima principal de la mezcla (conforma entre el 90% y 99% del peso total), su forma inicial es en pellets, esta mezcla es descargada en la tolva de la extrusora, que se encarga de alimentar la cantidad necesaria al tornillo extrusor. La función del tornillo es mezclar, homogenizar y fundir la mezcla para obtener una masa plástica, posteriormente esta mezcla es forzada por la fuerza del tornillo sin fin, para finalmente salir en forma de lámina por los labios del cabezal; por lo tanto, desde que ingresa la mezcla al tornillo extrusor hasta que salga por los labios del cabezal, debe pasar por un proceso de calentamiento progresivo. En el anexo 8 se muestra las partes principales de la extrusora.

Además, de conocer la temperatura de fusión del PP, es necesario conocer el índice de fluidez o melt flow index (MFI) ya que permite conocer su fluidez con la cual se puede trabajar en la extrusora (cantidad de PP, medido en gramos, que fluye del orificio de un dado capilar en 10 minutos), es decir, establecer parámetros de RPM y amperaje del motor. En la empresa se valida el índice de fluidez del PP mediante la norma técnica ASTM-D1238. En el anexo 9 se muestra la Hoja Técnica de materia prima del polipropileno Petroquim – código PH 0322, como ejemplo., cuyo índice de fluidez es 2.16kg/min y la temperatura de fusión es 230°C.

Debido a disponibilidad de stock del PP del proveedor y los precios de costo en el mercado, la empresa trabaja con diferentes proveedores y marcas de polipropileno (petroquim, natpet, sabc, repol, Braskem, entre otros) y cada una de ellas tiene un índice de fluidez y temperatura de fusión específico.

Adicionalmente, la empresa tiene tres extrusoras distintas: Lohia, Starex y Axisplast, cada una de ellas tiene diferentes componentes y capacidades de trabajo (velocidad de máquina, amperaje y RPM del motor). En ese sentido, la extrusora debe trabajar en temperaturas adecuadas para lograr que el polipropileno llegue a su temperatura de fusión y alcance las propiedades mecánicas (elongación y tenacidad) deseadas. Las extrusoras están conformadas por componentes diferentes; por ejemplo, la Lohia y Axisplast, por el tornillo, filtro y cabezal; y la Starex, por el tornillo, filtro, bomba de fusión, adaptador y cabezal. Cada componente está dividida en zonas, de tal forma que entre zona y zona se incrementa la temperatura en forma progresiva. En el cuadro 42 se muestran las zonas de cada componente, por cada extrusora.

Cuadro 42: Distribución de zonas de cada extrusora.

Extrusora	Tornillo	Filtro	Bomba de fusión	Adaptador	Cabezal
Lohia	Z1, Z2 y Z3 (tres zonas)	Z4 y Z5 (dos zonas)	-	-	Z6 – Z10 (cinco zonas)
Axisplast	Z1, Z2, Z3, Z4 y Z5 (cinco zonas)	Z6 y Z7 (dos zonas)	-	-	Z8 – Z12 (cinco zonas)
Starex	Z1, Z2, Z3, Z4, Z5 y Z6 (seis zonas)	Z7 y Z8 (dos zonas)	Z9 (una zona)	Z10 (una zona)	Z11 – Z16 (seis zonas)

Fuente: Elaboración propia

Se solicitó al área de aseguramiento de calidad, brindar los índices de fluidez de las materias primas, durante los últimos 6 meses; en la figura 64 se muestra los resultados obtenidos.

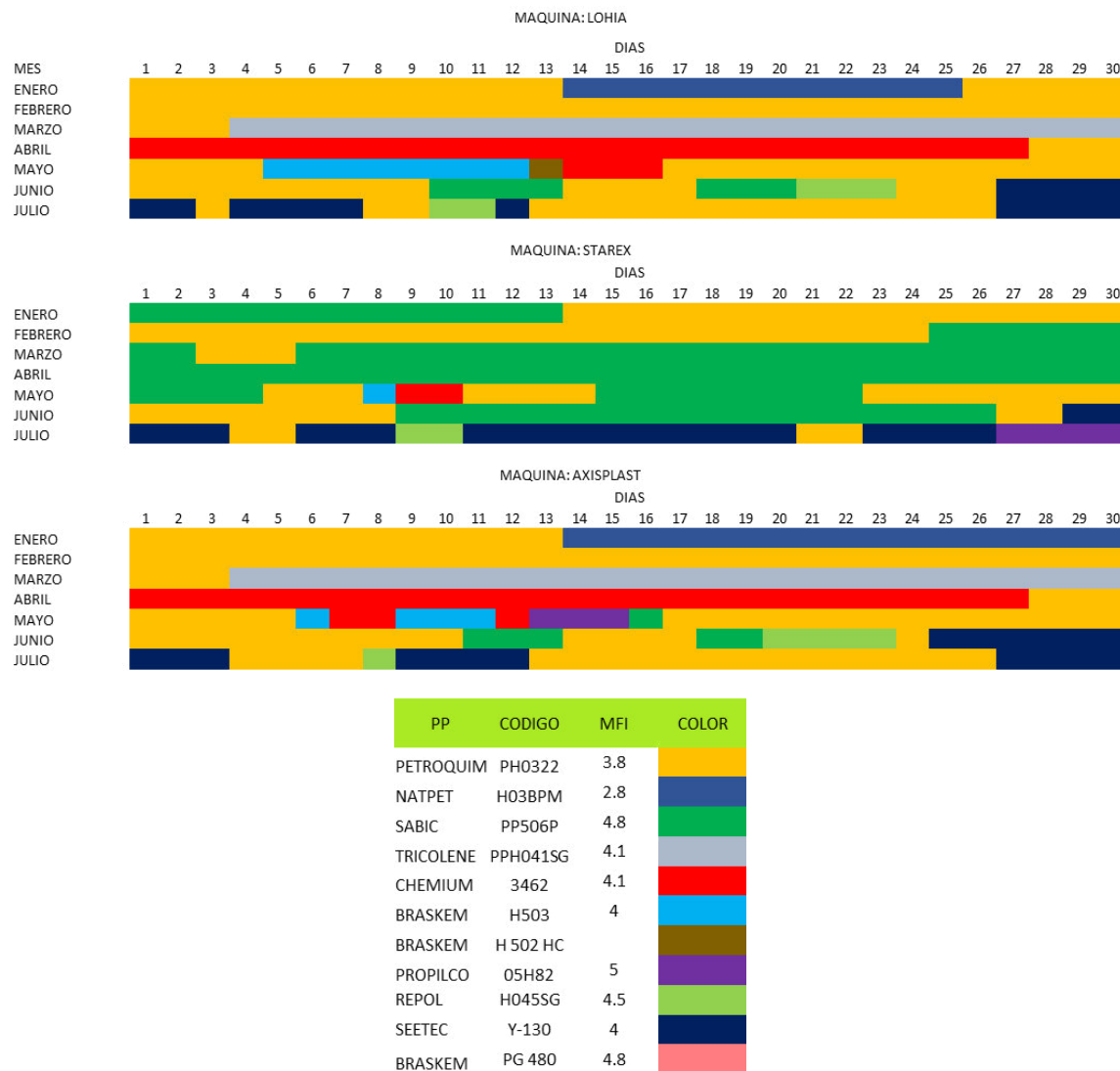


Figura 64: Melt flow index (MFI) o índice de fluidez del polipropileno (PP) utilizado desde enero a julio de 2017
Fuente: Elaboración propia

De la figura 64, se observa que los índices de fluidez (MFI) del PP han sido muy variables y, hasta la fecha, se ha trabajado con un solo temperatura estándar por cada máquina.

En ese sentido, se comenzó a establecer parámetros de referencia de temperaturas por zonas (perfiles de temperatura) por cada extrusora y según el valor del MFI.

Previamente se validó los valores del MFI, proporcionados por el proveedor, mediante la norma ASTM D1238-13, donde se concluye que a mayor índice de fluidez del PP se debe trabajar a mayor temperatura.

Por ejemplo, si el polipropileno PG 480 (braskem) tiene un índice de fluidez de 4.8, y se va trabajar en la extrusora Lohia, la primera zona (Z1, tornillo extrusor) debe encontrarse como valor promedio en 235°C, con un rango de +/- 8°C; la segunda zona debe encontrarse en 240°C (valor promedio) dentro de un rango de +/- 8°C.

Debido a la complejidad del estudio, se solicitó la participación del Jefe de Producción, Coordinador de Aseguramiento de Calidad e Ingeniero de Diseño y Desarrollo, donde se logró establecer la especificación técnica: Perfiles de temperatura para cada extrusora.

En las figuras 65, 66 y 67 se muestran las especificaciones técnicas de los perfiles de temperatura, según el índice de fluidez del PP que se encuentre en línea, de Axisplast, Lohia y Starex, respectivamente.

		EXTRUSORA AXISPLAST: PERFIL DE TEMPERATURAS					Código : IBERO-PRO-EXT-ET-001 Versión : 00 Fecha Aprobación: 27/11/2017											
ITEM	SECTOR O PRODUCTO	DENIER NOMINAL (g/9000m)	PARÁMETROS DE REFERENCIA			TEMPERATURAS POR ZONAS (°C)												
			VELOCIDAD DE LÍNEA (m/min)	ÍNDICE FLUIDEZ DE POLIPROPILENO (g/10 min @ 210°C)	% USO DE RECUPERADO	TORNILLO				FILTRO		CABEZAL						
1	GENERAL	VARIOS		4.3 - 5.5	0% - 10%	17	(+/-) 0.8	223	226	229	232	235	(+/-) 0.8	235	(+/-) 0.8	235	235	
2	GENERAL	VARIOS		3.0 - 4.2	0% - 10%	22	(+/-) 0.8	230	233	236	239	242	(+/-) 0.8	242	(+/-) 0.8	242	242	
3	GENERAL	VARIOS		3.0 - 5.5	11% - 40%	25	(+/-) 0.8	225	228	231	234	237	(+/-) 0.8	237	(+/-) 0.8	237	237	
4	GENERAL	VARIOS		3.0 - 5.5	41% - 79%	20	(+/-) 0.8	220	223	226	229	232	(+/-) 0.8	232	(+/-) 0.8	232	232	
5	GENERAL	VARIOS	211 - 280	3.0 - 5.5	80% - 100%	15	(+/-) 0.8	215	218	221	224	227	(+/-) 0.8	227	(+/-) 0.8	227	227	
6	GENERAL	VARIOS	160 - 210	3.0 - 5.5	80% - 100%	10	(+/-) 0.8	210	213	216	219	222	(+/-) 0.8	222	(+/-) 0.8	222	222	
APROBADO POR: WILINTON LOZANO - JEFE DE F			REVISADO POR: LÍDERES Y SUPERVISORES DE PLANTA				APROBADO POR: WILINTON LOZANO - JEFE DE PLANTA											
Este documento una vez impreso se convertirá en una copia no controlada, antes de su uso contrastar con la información de la red.																		

Figura 65: Especificación técnica de perfiles de temperatura para la extrusora Axisplast

Fuente: Elaboración propia

EXTRUSORA LOHIA: PERFIL DE TEMPERATURAS				Código : IBERO-PRO-EXT-ET-003 Versión : 00 Fecha Aprobación: 27/11/2017											
PARÁMETROS DE REFERENCIA				TEMPERATURAS POR ZONAS (°C)											
ITEM	SECTOR O PRODUCTO	DENIER NOMINAL (g/9000m)	VELOCIDAD DE LÍNEA (m/min)	ÍNDICE FLUIDEZ DE POLIPROPILENO (g/10 min @ 210°C)	% USO DE RECUPERADO	TORNILLO			FILTRO		CABEZAL				
						1 Z	2 Z	3 Z	4 Z	5 Z	6 Z	7 Z	8 Z	9 Z	10 Z
1	GENERAL	VARIOS		4.3 - 5.5	0% - 10%	235	240	245	245	245	245	245	245	245	245
2	GENERAL	VARIOS		3.0 - 4.2	0% - 10%	248	253	258	258	258	258	258	258	258	258
3	GENERAL	VARIOS		3.0 - 5.5	11% - 40%	235	240	245	245	245	245	245	245	245	245
4	GENERAL	VARIOS		3.0 - 5.5	41% - 79%	230	235	240	240	240	240	240	240	240	240
5	GENERAL	VARIOS	221 - 300	3.0 - 5.5	80% - 100%	225	230	235	235	235	235	235	235	235	235
6	GENERAL	VARIOS	180 - 220	3.0 - 5.5	80% - 100%	220	225	230	230	230	230	230	230	230	230
APROBADO POR: WILINTON LOZANO - JEFE DE PLANTA				REVISADO POR: LÍDERES Y SUPERVISORES DE PLANTA				APROBADO POR: WILINTON LOZANO - JEFE DE PLANTA							
Este documento una vez impreso se convertirá en una copia no controlada, antes de su uso contraste con la información de la red.															

Figura 66: Especificación técnica de perfiles de temperatura para la extrusora Lohia

Fuente: Elaboración propia

EXTRUSORA STARLINGER: PERFIL DE TEMPERATURAS										Código : BERO-PRO-EXT-ET-002											
										Versión : 00											
										Fecha Aprobación: 27/IV/2017											
PARÁMETROS DE REFERENCIA					TEMPERATURAS POR ZONAS (°C)																
					TORNILLO							FILTRO		BOMBA FUSIÓN	ADAPTA DOR	CABEZAL					
ITEM	SECTOR O PRODUCTO	DENIER NOMINAL (g/9000m)	VELOCIDAD DE BOMBA DE FUSIÓN (RPM)	INDICE FLUIDEZ DE POLIPROPILENO (g/10 min @ 210°C)	% USO DE RECUPERAD O	1 Z	2 Z	3 Z	4 Z	5 Z	6 Z	7 Z	8 Z	9 Z	10 Z	11 Z	12 Z	13 Z	14 Z	15 Z	16 Z
1	GENERAL	VARIOS	30.0 - 40.0	4.3 - 5.5	0% - 10%	240	242	244	246	248	250	250	38	250	250	250	250	250	250	250	250
2	GENERAL	VARIOS	40.1 - 50.0	4.3 - 5.5	0% - 10%	245	247	249	251	253	255	255	38	255	255	255	255	255	255	255	255
3	GENERAL	VARIOS	30.0 - 40.0	3.0 - 4.2	0% - 10%	248	250	252	254	256	258	258	38	258	258	258	258	258	258	258	258
4	GENERAL	VARIOS	40.1 - 50.0	3.0 - 4.2	0% - 10%	253	255	257	259	261	263	263	38	263	263	263	263	263	263	263	263
APROBADO POR: VILINTON LOZANO - JEFE DE PLANTA						REVISADO POR: LÍDERES Y SUPERVISORES DE PLANTA						APROBADO POR: VILINTON LOZANO - JEFE DE PLANTA									
Este documento una vez impreso se convertirá en una copia no controlada, antes de su uso contraste con la información de la red.																					

Figura 67: Especificación técnica de perfiles de temperatura para la extrusora Starex

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se elaboraron dos cartillas que se sugirieron en el AMEF de extrusión.

La primera (ver figura 68) es sobre la operatividad del cambio de las guías cintas en las bobinadoras, donde se detalla que se tiene dos posiciones (para rafia de ancho de 1.5 a 4 mm y la segunda para mayores de 4mm), esto se realiza con la finalidad de no generar roturas de cintas durante el proceso de embobinado (menor merma de scrap); esta cartilla, además de ser registrada en el sistema documentario del SGI, se imprimió y colocó en los paneles de la máquina, en ese sentido, pueda estar al alcance de los operadores.

La segunda cartilla (ver figura 69) es sobre el jalado de cintas hacia las embobinadoras, con la finalidad de no generar roturas de cintas (merma de scrap) durante el proceso de lanzada; y evitar accidentes.







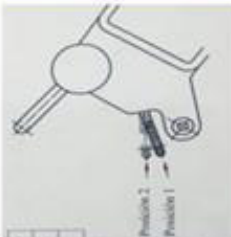
CARTILLA INFORMATIVA		Código : IBERO-PRO-EXT-CT-002	
EXTRUSORA STARLINGER: CAMBIO DE POSICIÓN DE GUÍA CINTAS SEGÚN ANCHO DE CINTA		Versión : 00	
		Fecha Aprobación: 10/02/2018	
OBJETIVO	Descripción		
Detallar el método para el cambio de posición de las guía cintas según el ancho de rafia requerido;	<p>PASO 1: Apagar las bobinadoras, moviendo la perilla a la posición "off".</p> 		
Posición 1: Para ancho de rafia de 1.5 a 4 mm	<p>PASO 2: En la bobinadora, identificar el agujero que está ubicado en la parte superior. Si la guía cinta no está en dirección del agujero, mover la guía cinta hacia la posición indicada (girando el eje portabobina).</p> 		
Posición 2: Para ancho de rafia > a 4 mm	<p>PASO 3: Utilizar la llave hexagonal 2.5 mm en "T".</p>  		
ALCANCE	<p>PASO 4: Ejercer ligera presión y mantener presionado el sujetador de la guía cinta con la llave allen hexagonal y jalar la guía cinta con la otra mano, para retirarla.</p> 		
EQUIPO, HERRAMIENTA Y/O MATERIALES	<p>PASO 5: Introducir la guía cinta en el alojamiento respectivo hasta que suene "click", lo cual es señal que el sujetador ha ingresado. La posición de la guía cinta es como se muestra en las imágenes.</p>  		
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	<p>Posición 1: La guía cinta debe quedar con la punta hacia abajo.</p> <p>Posición 2: La guía cinta debe quedar con la punta hacia arriba.</p>		
DOCUMENTACIÓN RELACIONADA	Manual de STACOFIL 200XE		
RESPONSABLES	Líder de Extrusión y Operador de Extrusión.		
Elaborado por: Analista de Procesos	Revisado por: Supervisor de Planta y Líderes de Extrusión	Aprobado por: Jefe Planta - Wilmar Lozano	
Este documento una vez impreso se convertirá en una copia no controlada, antes de su uso consulte con la información de la red.			

Figura 68: Cartilla de operatividad de cambio de guía cinta
Fuente: Elaboración propia

CARTILLA INFORMATIVA			Código: IBERO-PRO-EXT
JALADO DE CINTAS DE RAPA DEL SUCCIONADOR DE SCRAP HACIA LAS BOBINADORAS			Versión: 00
			Fecha de Aprobación:
OBJETIVO			ALCANCE
Describir los pasos a seguir para el jalado de cintas del succionador de scrap (sistema conductor de scrap N° 2) hacia las bobinadoras.			Bobinadoras de Extrusión
EQUIPO, HERRAMIENTAS Y/O	EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	DOCUMENTACIÓN RELACIONADA	RESPONSABLES
Pistola de aire. Cuchilla de mango gris	1. Protección auditiva 2. Zapatos de seguridad	N.A	Operador de extrusión, operador de bobinadora
DESCRIPCIÓN			
<p>PASO 1: Aperturar válvula de presión de aire para la utilización de la pistola de aire. Limpiar pistola de aire limpia y operativa.</p>  			
<p>PASO 2: Identificación de 1 a 5 cintas para su embobinado.</p>  			
<p>PASO 3: Jalar la cinta con el apoyo de los dedos a una separación de 15 cm del rodillo de contracción y acercar a la pistola de aire.</p>			
<p>PASO 4: Una vez seleccionadas las cintas, se realizará el corte de ellas con la cuchilla de mango gris ejerciendo presión en dirección contraria al cuerpo, tal y como se observa en la imagen.</p> 			
<p>PASO 5: Direccionar las cintas hacia los separadores para su embobinado.</p> 			

Figura 69: Cartilla de jalado de cintas

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, en cada extrusora se habilitó parante metálico para que se coloquen las especificaciones técnicas del proceso, que son: Perfiles de temperatura, Equipos de corte y Master de dosificación de materia prima e insumos (ver anexo 6).

Se solicitó al área de aseguramiento de calidad, revisar su plan de inspección y calibración de los equipos de medición e incluir a las balanzas de producción.

Se solicitó al área de mantenimiento, realizar un mantenimiento cero horas (overhaul) a las extrusoras, en esta revisión consiste en dejar a la extrusora en Cero horas de funcionamiento, es decir, como si la extrusora fuera nueva. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

Se solicitó al área de mantenimiento elaborar un molde de acero en forma de acero, con las medidas mínimas aceptadas, a fin que ésta sea comparada con las canillas del proceso y retirarlas, del área, si no calza con las propiedades (ver anexo 7)

b) Proceso de telares:

Se solicitó al área de mantenimiento, realizar un mantenimiento cero horas (overhaul) a los telares, en esta revisión consiste en dejar a los telares en Cero horas de funcionamiento

En el proceso de telares, se creó la cartilla (ver figura 70) del correcto pasado de cintas desde las portabobinas hasta los ojaes del telar, para que no se genere tensión entre ellas y/u ocasionar roturas de cintas, esta cartilla fue colocada en los telares para la visualización y alcance a los operadores.

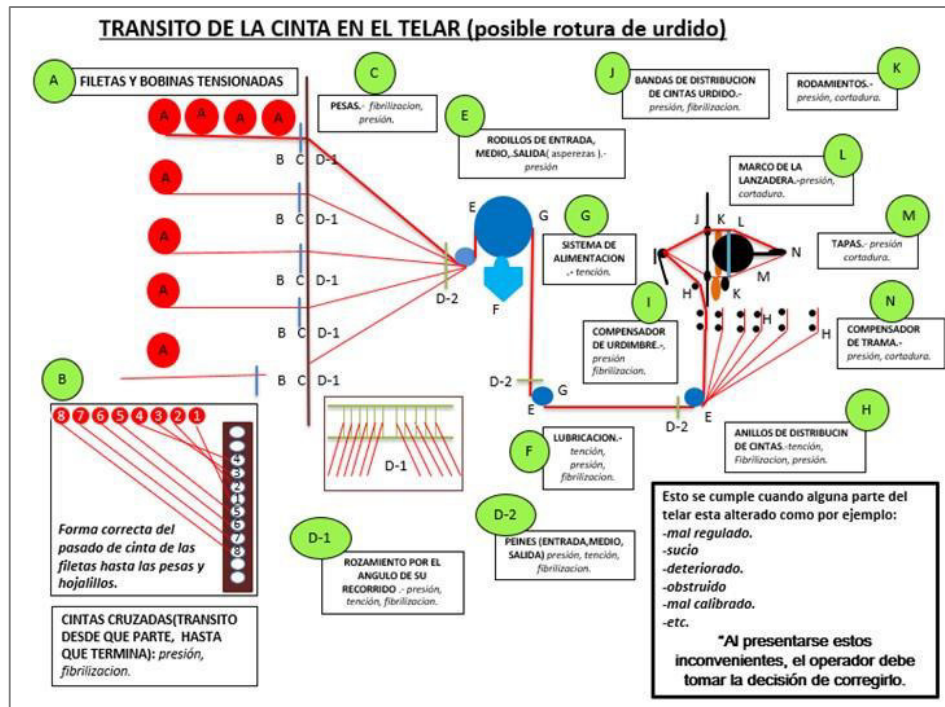


Figura 70: Cartilla de pasado de cintas

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se creó la cartilla gráfica del correcto diámetro de las bobinas, antes de ser retiradas del telar y maximizar el consumo de rafia. (ver figura 71)



Figura 71: Tamaño adecuado de las canillas

Fuente: Elaboración propia

4.7.2. AMEF Mejorado

Con las acciones realizadas se volvió a evaluar los modos de falla en el AMEF de cada proceso (extrusión y telares), en los cuadros 43 y 44 se presentan los resultados obtenidos.

Cuadro 43: AMEF mejorado para el proceso de extrusión

Etapas de proceso	Modo potencial de falla	Efectos potenciales de la falla	Severidad	Causas potenciales de la falla	Ocurrencia	Controles actuales	Detección	NPR antiguo	Acción recomendada	RESULTADOS DE LA ACCION			
										Responsabilidad y fecha de compromiso	Severidad	Ocurrencia	Detección
X1: Descarga de la materia prima e insumos en la tolva dosificadora	Dosificación inadecuada de materia prima.	Color de cinta no requerido	6	Desconocimiento del operador de extrusión sobre las especificaciones establecidas	9	Se tiene especificación técnica disponible en la red, pero los operadores no pueden acceder	10	540	Colocación del Master de Dosificación (especificación técnica) en el parante metálico de la extrusora	Analista de Procesos Agosto - 2017	6	3	2
				Malta regulación y/o preparación del material	7	Calidad inspecciona la dosificación antes la lanzar el proceso	1	42	Se elaboró el instructivo de operatividad y capacito a los operarios	Analista de Procesos y Supervisor de Producción Agosto - 2017	6	4	1
	Materia prima contaminada y/o húmeda	Huecos en la lámina	8	Falta de inspección de la materia prima por parte de control de calidad	2	Controles establecidos en el Plan de Calidad	2	32	Se modificó el registro de control de calidad de materia prima	Coordinador de Calidad Setiembre - 2017	8	2	1
				Falta de inspección del operador de extrusión	6	Capacitación en el puesto de trabajo	9	432	Incluir en el Programa de capacitación "Aprende con La Empresa", en el módulo 2 (tema: reconocimiento materia prima)	Analista de Procesos, Capacitador, Coordinador de Calidad Agosto - 2017	8	3	4
X2: Extrusión de la materia prima para la obtención de la mezcla fundida	Parámetros de máquina inadecuado (temperatura de tornillo y filtro, velocidad y amperaje del motor)	Materia prima no fundida correctamente	8	Desconocimiento del índice de fluidez del polipropileno	8	Controles establecidos en el Plan de Calidad	7	448	Calidad valida y aprueba los índices de fluidez del pp y comunica a producción	Coordinador de Calidad Setiembre - 2017	8	2	2
				Falta de estandarización de los perfiles de temperatura (tornillo y filtro) según el índice de fluidez	9	No existe	10	720	Elaboración de Perfiles de temperatura (especificación técnica) por cada extrusora e índice de fluidez	Jefe de Producción y Coordinador de Calidad Julio - 2017	8	3	3
				Desconocimiento de las partes principales motor, caja reductora, tornillo, bomba de fusión, etc.) y limpieza adecuada	9	Capacitación en el puesto de trabajo	8	576	Incluir en el Programa de capacitación "Aprende con La Empresa", en el módulo 2 (tema: sistema y partes de máquina)	Equipo Green Belt Agosto - Setiembre 2017	8	4	3
				Desconocimiento del panel de control para asegurar un mayor monitoreo del sistema	8	Capacitación en el puesto de trabajo	9	576			8	3	2
				Desconocimiento del estado del tornillo extrusor (parte principal de la extrusora) por parte del personal de mantenimiento	9	Mantenimiento preventivo	2	144			8	4	3
				Falta de mantenimiento preventivo del tornillo de extrusión, caja del motor y caja reductora	7	Programa de mantenimiento preventivo (over houl) una vez al año	8	448	Listar las actividades del mantenimiento preventivo e identificar los repuestos críticos	Mantenimiento Setiembre - 2017	8	3	3

X3: Paso de la mezcla fundida por el cabezal y obtención de la lámina	Temperatura de cabezal inadecuado	9	Falta de estandarización de los perfiles de temperatura (cabezal) según los índices de fluidez del polipropileno	9	No existe	10	810	Elaboración de Perfiles de temperatura (especificación técnica) por cada extrusora e índice de fluidez	Jefe de Producción y Coordinador de Calidad Julio - 2017	9	3	3	81		
	Calibración inadecuada del cabezal (apertura y limpieza)			9	Desconocimiento del operador de extrusión sobre el proceso de calibración del cabezal	9	729	Incluir en el Programa de capacitación "Aprende con La Empresa", en el módulo 2 (tema: método de trabajo)	Equipo Green Belt Agosto - Setiembre 2017	9	3	3	81		
				9	Zonas no identificadas del cabezal	9	486	Zonificar las partes del cabezal	Líder de Extrusión Agosto - 2017	9	3	1	27		
				5	Herramienta inadecuada para la calibración	5	225	Elaborar un check list de las herramientas de trabajo	Líder de Extrusión Agosto - 2017	9	2	3	54		
				9	Limpieza inadecuada del cabezal (cambio de producto)	9	648	Incluir el tema en el Programa de "Aprende con La Empresa"	Equipo Green Belt Agosto - Setiembre 2017	9	3	3	81		
X4: Enfriamiento y secado de la lámina	Parámetros de máquina inadecuado (T°agua, v1 y distancia entre cabezal y nivel de agua)	6	Falta de conocimiento sobre los parámetros de máquina	9	Se tiene disponible en la red, pero los operadores no pueden acceder	10	540	Colocar la Especificación Técnica en el panel metálico	Analista de Procesos Agosto - 2017	6	3	3	54		
	Limpieza inadecuada de los tubos sopladores y rodillo calandria			7	No existe	10	420	Incluir el tema en el Programa de "Aprende con La Empresa"	Equipo Green Belt Agosto - Setiembre 2017	6	3	3	54		
				7	Capacitación en el puesto de trabajo	8	336			6	4	4	96		
	Equipo de corte inadecuado			5	Desconocimiento del operador de extrusión sobre los equipos de corte inicial a utilizar según el tipo de cinta, previamente establecidas	9	Se tiene especificación técnica disponible en la red, pero los operadores no acceden por la operación de máquina	10	450	Colocar la Especificación Técnica en el panel metálico	Analista de Procesos Agosto - 2017	5	4	3	60
	Mal estado de las cuchillas					4	Check list	10	200	Incluir el tema en el Programa de "Aprende con La Empresa"	Equipo GB Agosto - Setiembre 2017	5	3	3	45
X5: Corte de la lámina en cintas			Falta de stock de cuchillas para reposición	3	No existe	7	105	Incluir las cuchillas en el listado de reposición automática	Analista de Procesos Agosto - 2017	5	2	3	30		
	Proceso inadecuado del cambio de equipo de corte	10	Desconocimiento del proceso de cambio de los equipos de corte	2	Capacitación en el puesto de trabajo	8	160	Incluir el tema en el Programa de "Aprende con La Empresa"	Equipo GB Agosto - Setiembre 2017	10	2	3	60		

X6: Calentamiento , estiramiento y enfriamiento (contracción) de las cintas	Parámetros de máquina inadecuado (temperatura de horno, ratio de estiramiento, templado y ratio total)	Elongación y tenacidad fuera de especificación	Falta de estandarización de parámetros: temperaturas de los hornos, velocidad 2 y velocidad 3 (línea)	8	No existe	10	640	Colocar la Especificación Técnica en el panel metálico	Analista de Procesos Agosto - 2017	8	3	2	48
			Desconocimiento de las partes principales del sistema contracción - estiramiento, su limpieza adecuada y cómo funciona entre sí (hornos, rodillos calientes, y rodillos fríos).	8	Capacitación en el puesto de trabajo	8	512	Incluir el tema en el Programa de "Aprende con La Empresa"	Equipo GB Agosto - Setiembre 2017	8	3	3	72
		Caída de línea	Desconocimiento del flujo de aire que ingresa al horno	5	No existe	10	500			10	2	2	40
X7: Embobinado de las cintas en bobinas (canillas)	Mal estado de las canillas	Embobinado incorrecto	Falta de inspección de las canillas por parte del operador de extrusión	8	No existe	10	560	Elaboración de un molde de canilla modelo	Mantenimiento Agosto - 2017	7	3	2	42
			Desconocimiento del estado óptimo de las canillas	2	Capacitación en el puesto de trabajo	8	112	Incluir el tema en el Programa de "Aprende con La Empresa"	Equipo GB Agosto - Setiembre 2017	7	2	3	42
			Desconocimiento de las partes principales de las embobinadoras y la limpieza adecuada	8	Capacitación en el puesto de trabajo	8	448			7	3	3	63
			Posición inadecuada de las guías cintas	8	No existe	10	560	Elaborar de la cartilla de cambio de guía cinta	Líder de Extrusión Agosto - 2017	7	4	3	84
	Proceso inadecuado del embobinado	Accidente del operador	Desconocimiento del personal	8	Capacitación en el puesto de trabajo	8	640	Incluir el tema en el Programa de "Aprende con La Empresa"	Equipo GB Agosto - Setiembre 2017	9	3	3	81
			Alta rotación del personal o ausencia de bobinadores	7	Programa de bonos por logro de meta de trabajo	7	490	Crear un programa de premiación de mejor operario por área y grupo de trabajo	Recursos Humanos	10	3	3	90
							14,161						
							2,505						

Fuente: Elaboración propia

Se observa que el valor total del NRP mejorado es 2,505, ha reducido hasta en el 80% del NRP inicial, esto fue mediante las mejoras implementadas. En el cuadro 44 se muestra el AMEF mejorado del proceso de telares.

Cuadro 44: AMEF mejorado para el proceso de telares

Etapas de proceso	Modo potencial de falla	Efectos potenciales de la falla	Severidad	Causas potenciales de la falla	Ocurrencia	Controles actuales	Detección	NRP antiguo	Acción recomendada	RESULTADOS DE LA ACCIÓN			
										Responsabilidad y fecha de compromiso	Severidad	Ocurrencia	NRP nuevo
X1: Colocación de bobinas de rafia (urdido) en filetas	Bobinas de urdido inadecuadas	Diseño de urdido inadecuado	9	Desconocimiento sobre la identificación de una bobina óptima (diámetro correcto, bobinas sin hilos fibrilizados, bobinas sin quemaduras)	7	Procedimiento de la operatividad de telares	8	504	Actualizar el procedimiento e incluirlo en el Programa "Aprende con La Empresa"	Líder de telares Agosto - 2017	9	4	108
				Desconocimiento de la identificación de bobina (ancho de cinta, denter y color)	4	Charlas de inicio de turno de trabajo	7	252	Color la Especificación técnica de identificación de bobina en telares	Analista de Procesos Agosto - 2017	9	1	18
				Bobinas de urdido mal identificadas	5	Ficha de identificación de bobinas	6	270	Colocar cartillas de bobinas adecuadas para tejido	Analista de Procesos Agosto - 2017	9	3	81
				Desconocimiento de la limpieza e inspección del estado de las filetas y portabobinas	5	Capacitación insitu al puesto de trabajo	9	450	Incluir en el programa "Aprende con La Empresa"	Equipo de Green Belt Agosto - Setiembre 2017	10	4	120
				Falta de seguro en las portabobinas	8	Ninguno	10	800	Realizar un cronograma para el cambio de todos los seguros de las portabobinas (4 meses para los 47 telares)	Mantenimiento - Líder de Telares	10	2	60
	Mal estado de las filetas	Rotura de cintas de urdimbre	10	Limpieza inadecuada de las filetas	7	Check list de operatividad	8	560	Incluir la actividad en la inspección de los líderes de turno y durante el relevo del turno	Analista de Procesos Agosto - 2017	10	3	120
				Falta de tiempo para la limpieza	9	Apoyo del líder de área	2	180	Elaboración de ruta de actividades	Líder de telares Agosto - 2017	10	4	80
				Desconocimiento del nudo starlinger	3	Capacitación insitu al puesto de trabajo	8	192	Incluir en el programa "Aprende con La Empresa"	Equipo de Green Belt Agosto - Setiembre 2017	8	3	48
				Desconocimiento sobre la distribución correcta de las bobinas en las filetas	7	Capacitación insitu al puesto de trabajo	9	504	Creación de cartilla y pegado en máquina sobre la distribución de cintas	Líder de telares Agosto - 2017	8	3	24
				Mal pasado de cintas (extremos con extremos e interno vs internos)	10	Procedimiento de la operatividad de telares	9	900	Realizar un mantenimiento preventivo y limpieza general del telar	Líder de Telares	10	3	90
X2: Pasado de cintas por ojales de las filetas	Mal estado de los ojales de la fileta	Cintas sucias	8	Falta de mantenimiento preventivo del estado de las filetas y sus ojales	9	Mantenimiento correctivos, ordenes de mantenimiento	7	630	Incluir la actividad en la inspección de los líderes de turno y durante el relevo del turno	Analista de Procesos Agosto - 2017	8	3	96

X3: Pasado de cintas por los peines grandes y pequeños	Operación inadecuada del pasado de cintas	Rotura de cintas de urdimbre	10	Desconocimiento sobre el pasado de cintas de los ojales hacia el peine exterior	2	Procedimiento de la operatividad de telares	6	96	Creación de cartilla y pagado en máquina sobre la distribución de cintas	Líder de telares Agosto - 2017	10	1	3	30
			8								8	1	2	16
X4: Pasado de cintas por los ojales del telar, compensador y fajas	Operación inadecuada sobre la distribución de las cintas	Densidad de urdido no requerido	9	Desconocimiento de la distribución de cintas por zonas y fajas	4	Procedimiento de la operatividad de telares	3	108	Incluir en el programa "Aprende con La Empresa"	Equipo de Green Belt Agosto - Setiembre 2017	9	3	4	108
			10								10	3	3	90
X5: Pasado de cintas hacia el centro del telar y enhebrarlas	Operación inadecuada del centro del telar	Ancho no requerido	10	Falta de limpieza e inspección a los ojales, compensadores y fajas	8	Check list de operatividad	8	640	Incluir en el programa "Aprende con La Empresa"	Equipo de Green Belt Agosto - Setiembre 2017	10	3	3	90
			10								10	2	3	60
X6: Colocación de bobinas de rafia (trama) en lanzaderas	Bobinas de trama inadecuadas	Densidad de trama no requerida	10	Desconocimiento sobre la identificación de una bobina óptima (diámetro correcto, bobinas sin hilos fibrilizados, bobinas sin quemaduras)	8	Procedimiento de la operatividad de telares	5	400	Creación de cartilla y pagado en máquina sobre la distribución de cintas	Analista de Procesos Agosto - 2017	10	3	2	60
			10								10	3	4	120
X7: Tejido y embobinado de manga	Falla de potenciómetro	Gramaje no requerido	10	Desconocimiento de la identificación de bobina (ancho de cinta, denier y color)	8	Ficha de identificación de bobinas	5	400	Realizar la medición del denier de bobinas	Operador de telares	10	3	4	120
			10								10	2	1	20
X7: Tejido y embobinado de manga	Falla de potenciómetro	Gramaje no requerido	8	Desconocimiento de la limpieza e inspección del estado de las lanzaderas (ruedas, frenos)	8	Check list de operatividad	8	512	Actualizar el check list de máquina e incluirlo en el Programa "Aprende con La Empresa"	Analista de Procesos Agosto - 2017	8	3	4	96
			6								6	1	2	12
9,552									2,875					

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro 44, se observa que el valor total del NRP mejorado es 2,875, ha reducido hasta en el 70% del NRP inicial.

4.8. Desarrollo de la fase CONTROLAR

El objetivo de esta fase es mantener las mejoras implementadas que se lograron en el proyecto Six Sigma y cerrar formalmente el proyecto.

En esta sección se muestra los resultados obtenidos del proyecto mediante los gráficos de control y los indicadores de desempeño del proceso: capacidad del proceso, rendimiento y nivel six sigma por cada proceso

4.8.1. Proceso de extrusión

Se tomaron los datos del denier, elongación y tenacidad por cada extrusora.

Gráfica de control

a) Lohia

En las figuras 72, 73 y 74 se muestran las gráficas de control, antes y después de la implementación, de los denieres, elongación y tenacidad, respectivamente.

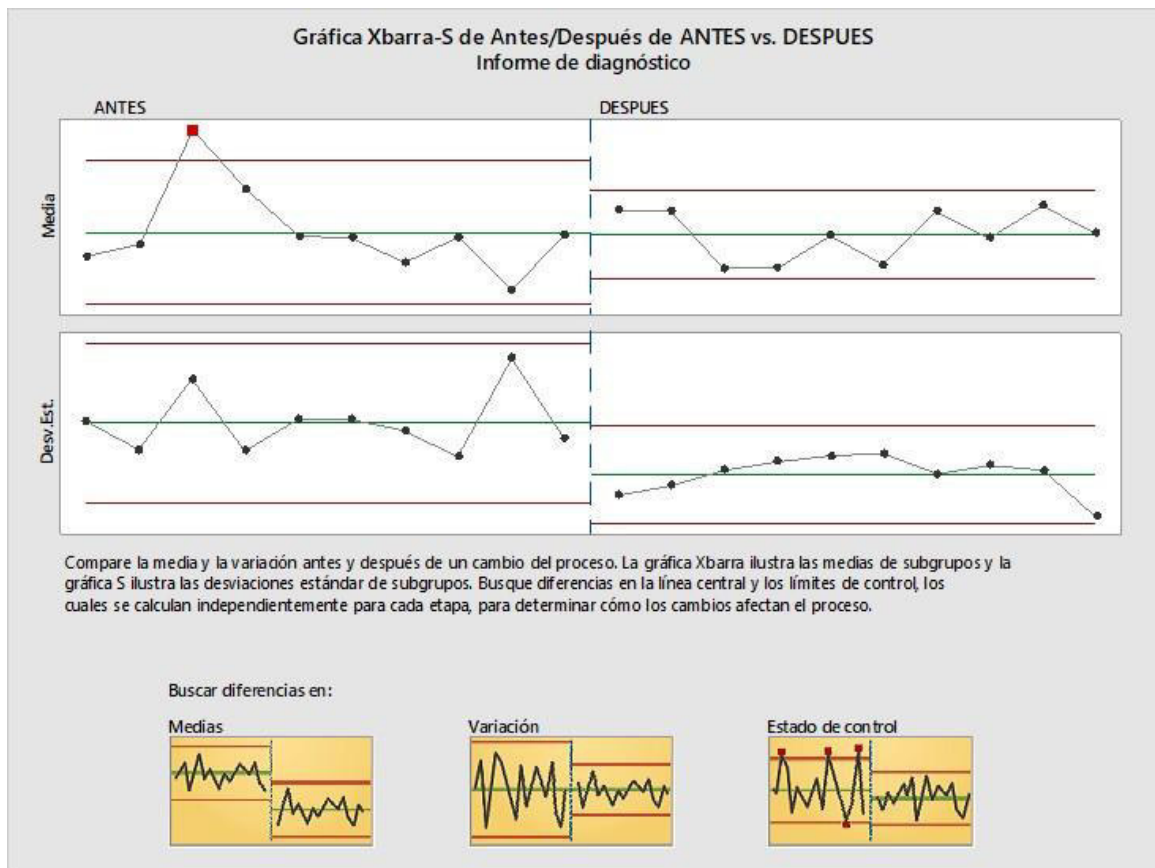


Figura 72: Gráficas de control del denier, antes y después de la implementación
Fuente: Elaboración propia

En la figura 72 se observa que los puntos (observaciones) de la gráfica después, están dentro de los límites de especificación y además la amplitud (rango) ha disminuido, lo que significa que tiene menor variación.

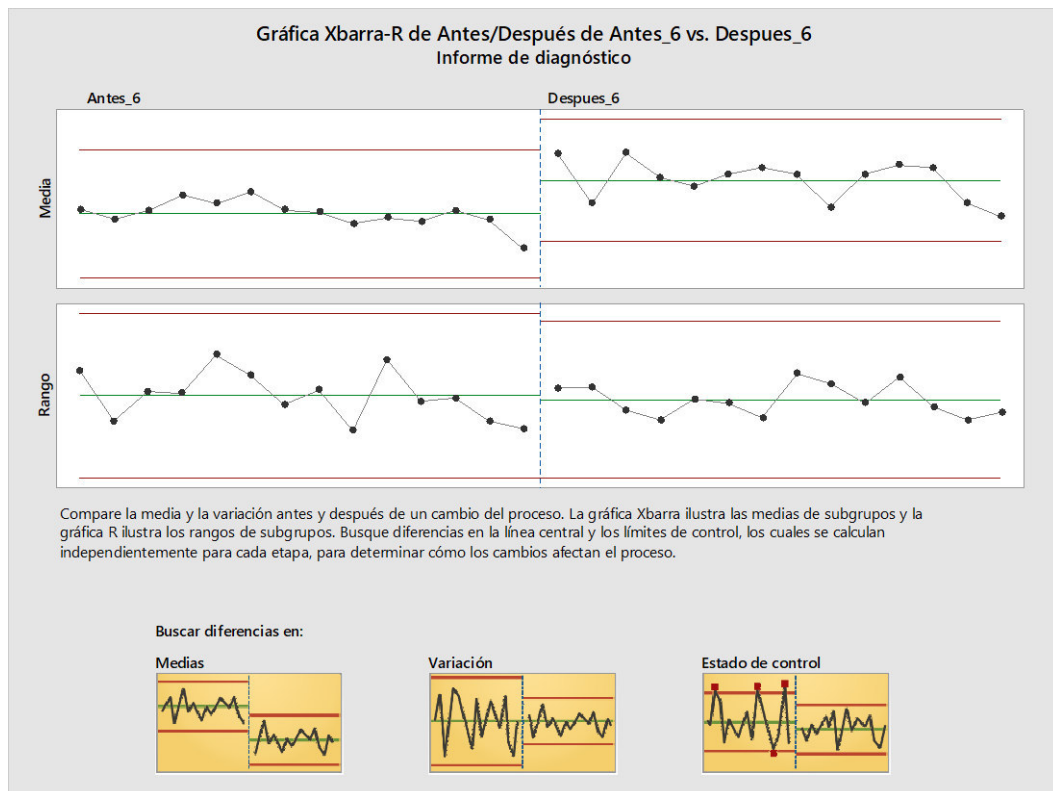


Figura 73: Gráficas de control de la elongación, antes y después de la implementación
Fuente: Elaboración propia

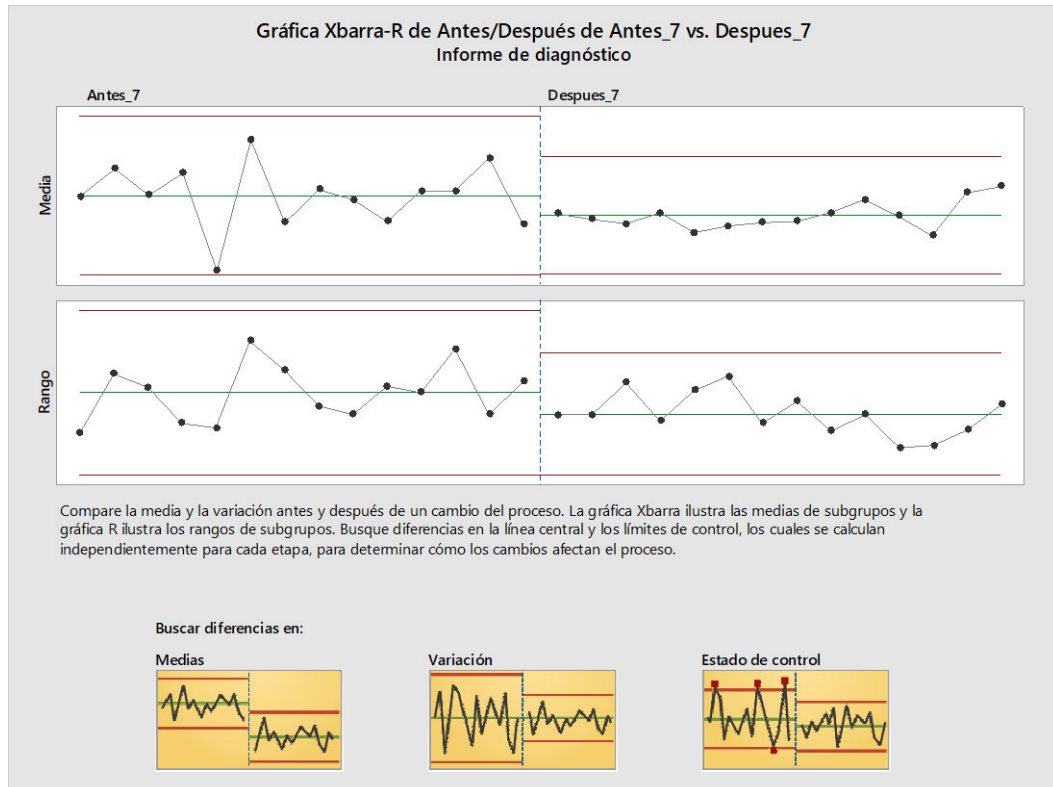


Figura 74: Gráficas de control de la tenacidad, antes y después de la implementación
Fuente: Elaboración propia

b) Starex

En las figuras 75, 76 y 77 se muestran las gráficas de control, antes y después de la implementación, de los denieres, elongación y tenacidad, respectivamente.

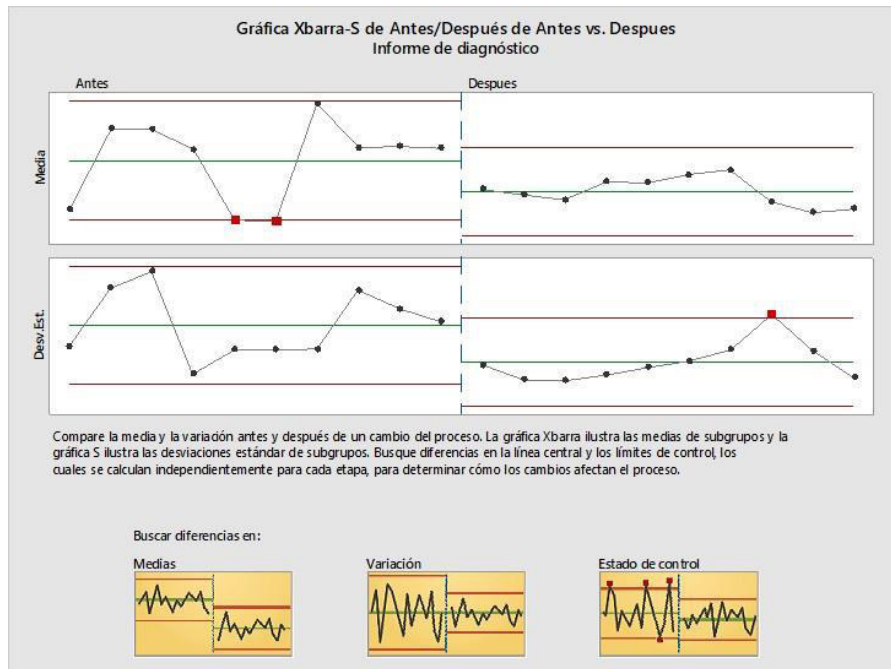


Figura 75: Gráficas de control del denier, antes y después de la implementación
Fuente: Elaboración propia

En la figura 76 se observa que la gráfica está en control estadístico.

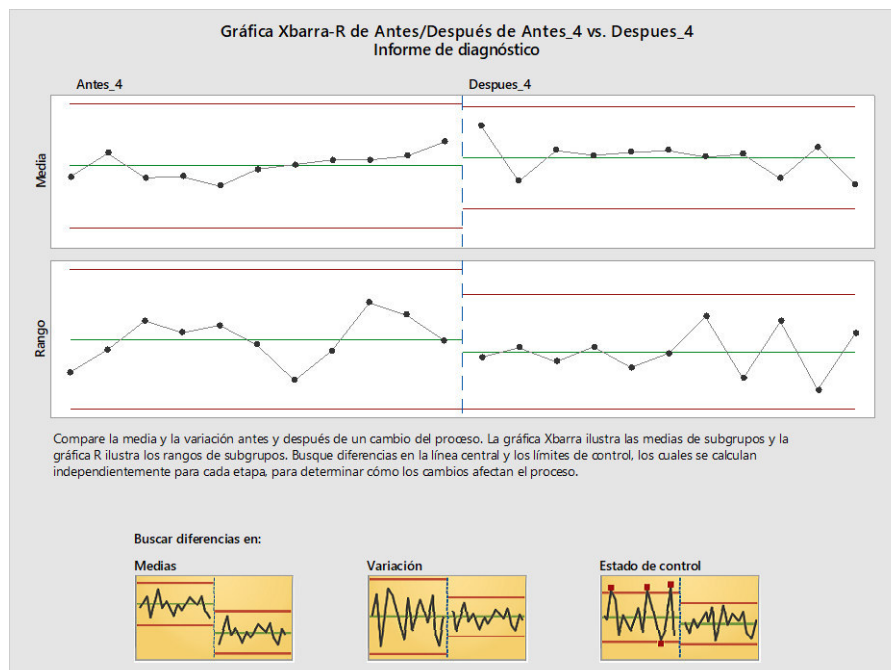


Figura 76: Gráficas de control de la elongación, antes y después de la implementación
Fuente: Elaboración propia

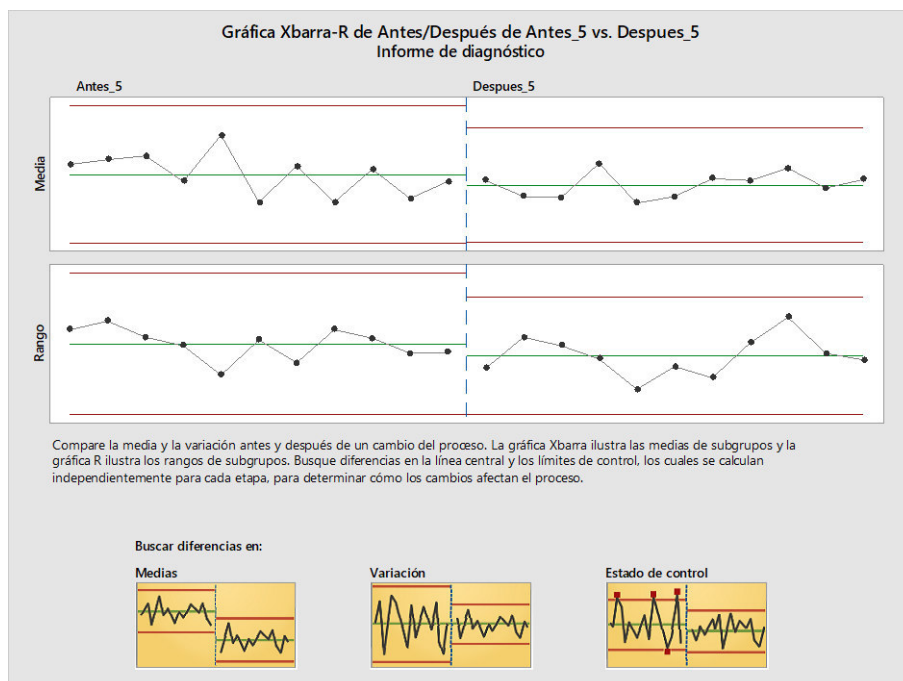


Figura 77: Gráficas de control de la tenacidad, antes y después de la implementación
Fuente: Elaboración propia

c) Axisplast

En las figuras 78, 79 y 80 se muestran las gráficas de control, antes y después de la implementación, de los denieres, elongación y tenacidad, respectivamente.

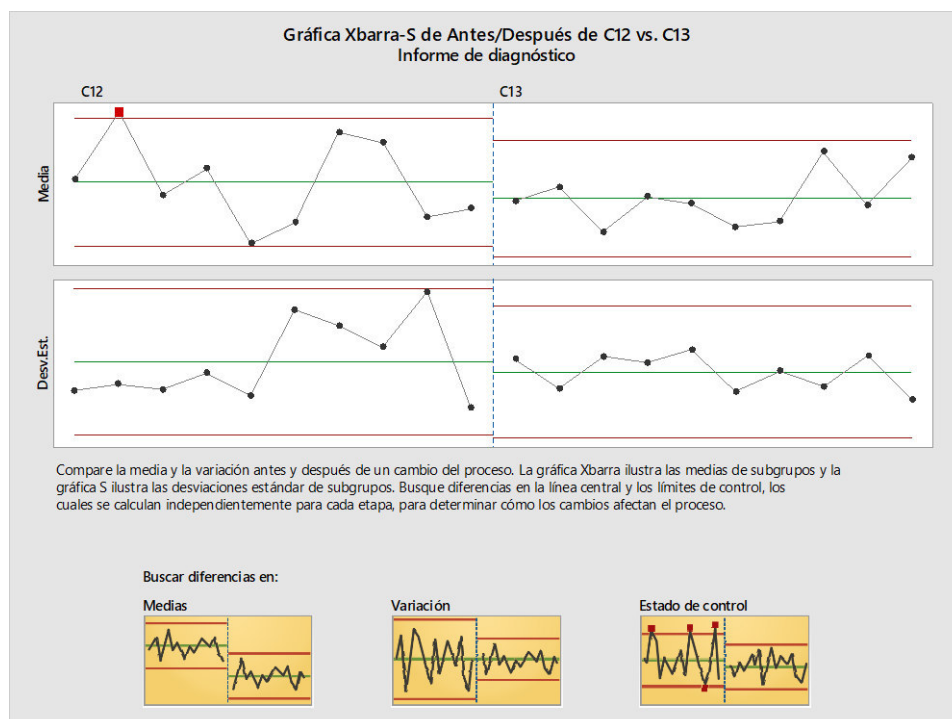


Figura 78: Gráficas de control del denier, antes y después de la implementación
Fuente: Elaboración propia

En la figura 78 se observa que los puntos (observaciones) de la gráfica después, están dentro de los límites de especificación y además la amplitud (rango) ha disminuido, lo que significa que tiene menor variación.

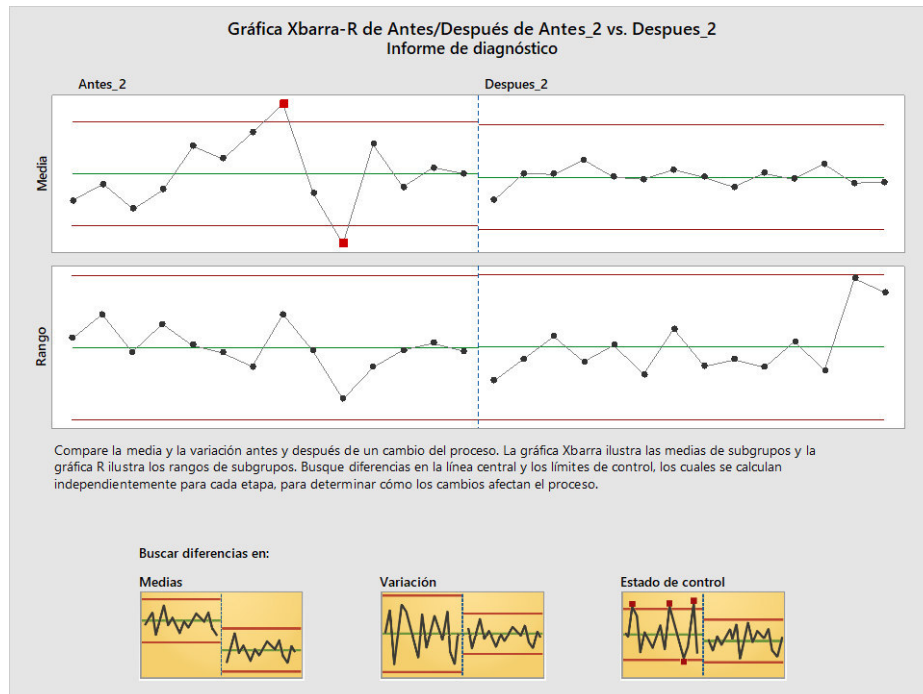


Figura 79: Gráficas de control de la elongación, antes y después de la implementación
Fuente: Elaboración propia

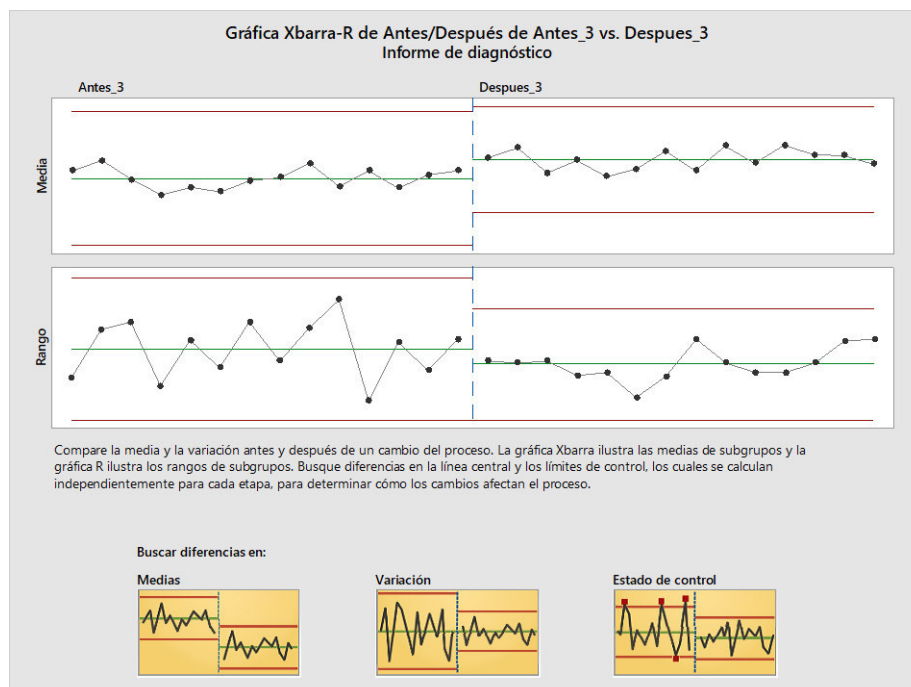


Figura 80: Gráficas de control de la tenacidad, antes y después de la implementación
Fuente: Elaboración propia

Capacidad de proceso

a) Lohia

En las figuras 81, 82 y 83 se muestran el informe de capacidad del proceso respecto al denier, elongación y tenacidad, respectivamente.

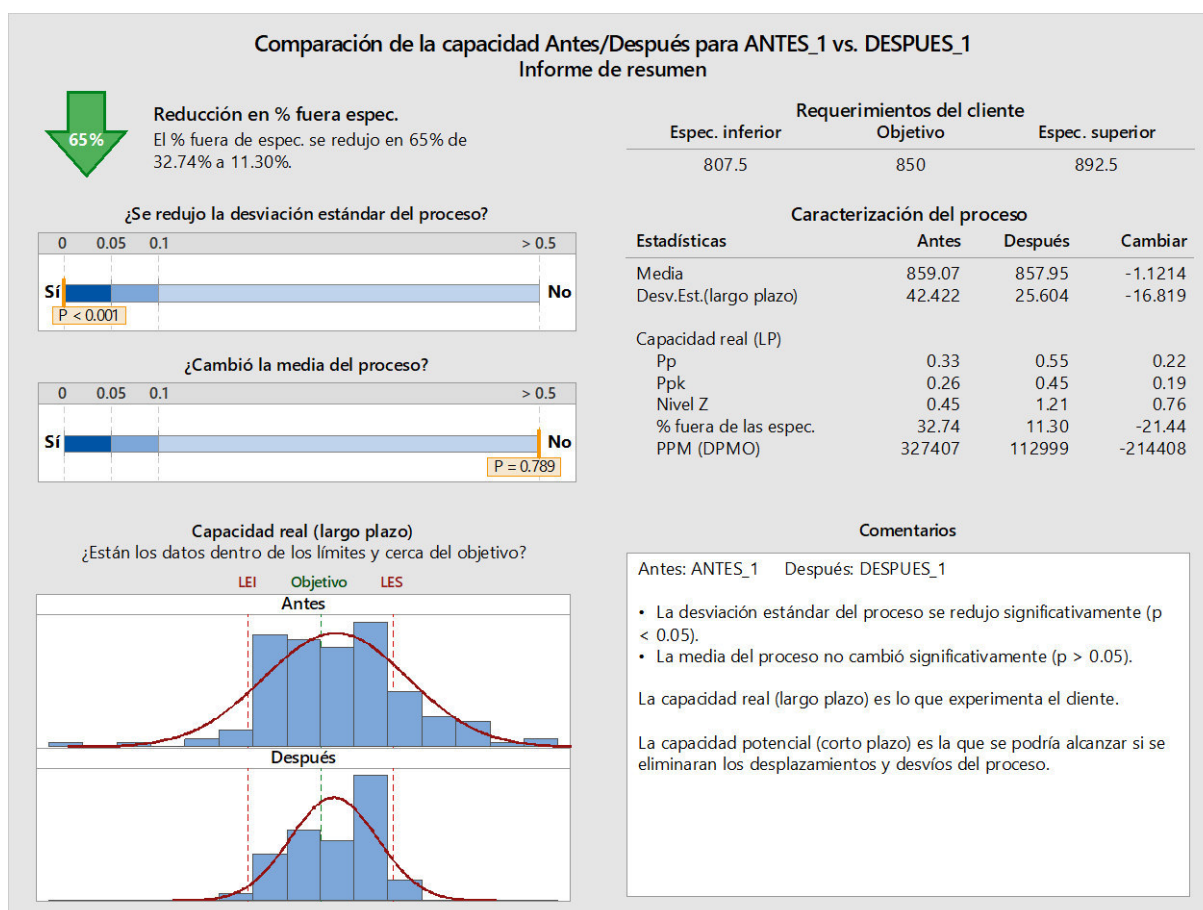


Figura 81: Comparación de la capacidad del denier, antes y después de la implementación
Fuente: Elaboración propia

En la figura 81 se observa que la capacidad del proceso para cumplir con el denier objetivo ha mejorado, los datos están más centrados y tienen menor variación.

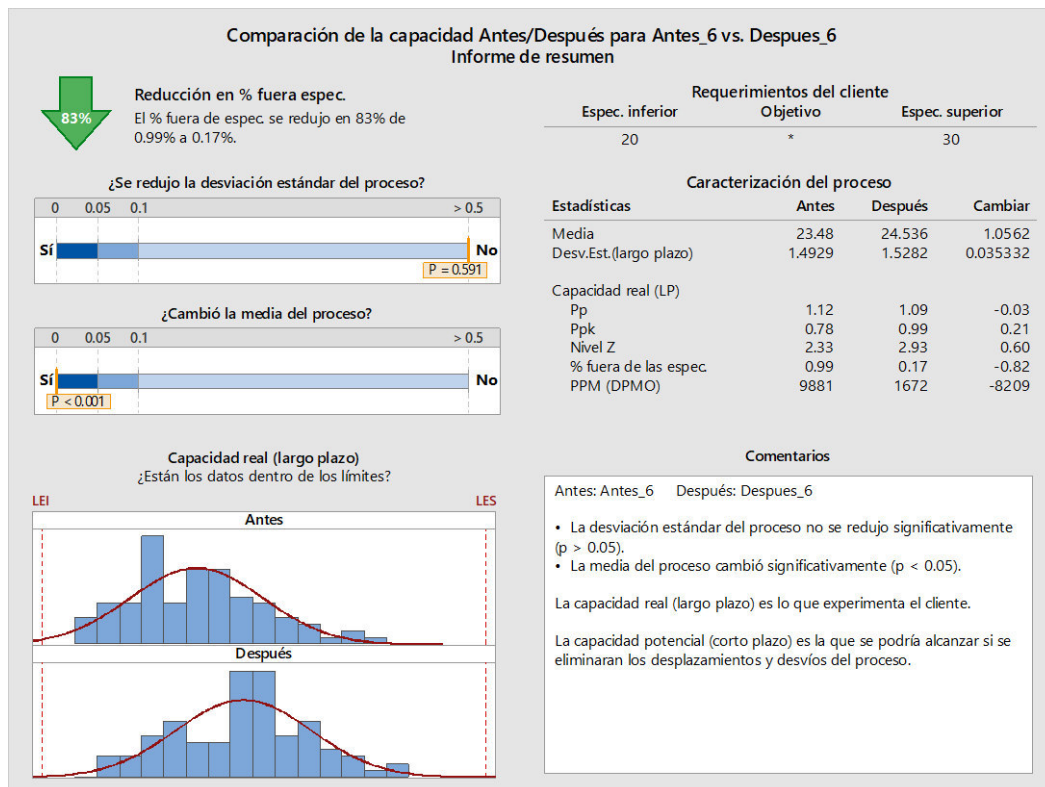


Figura 82: Comparación de la capacidad de la elongación, antes y después de la implementación
Fuente: Elaboración propia

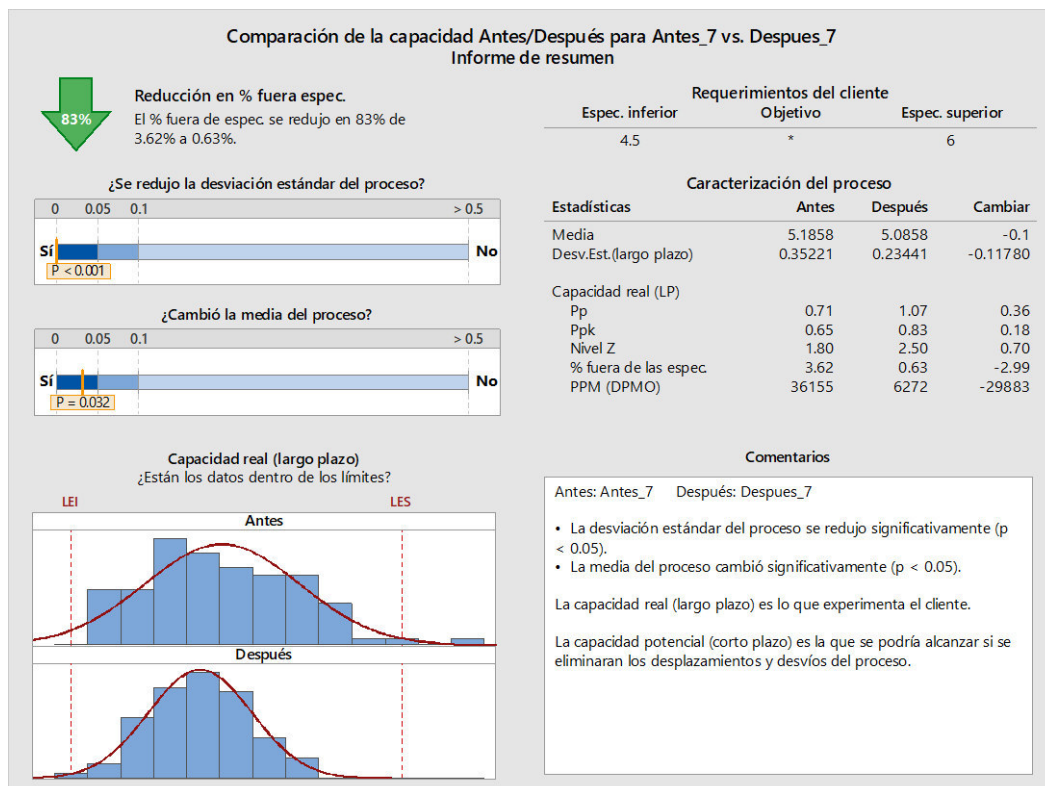


Figura 83: Comparación de la capacidad de la tenacidad, antes y después de la implementación
Fuente: Elaboración propia

b) Starex

En las figuras 84, 85 y 86 se muestran el informe de capacidad del proceso respecto al denier, elongación y tenacidad, respectivamente

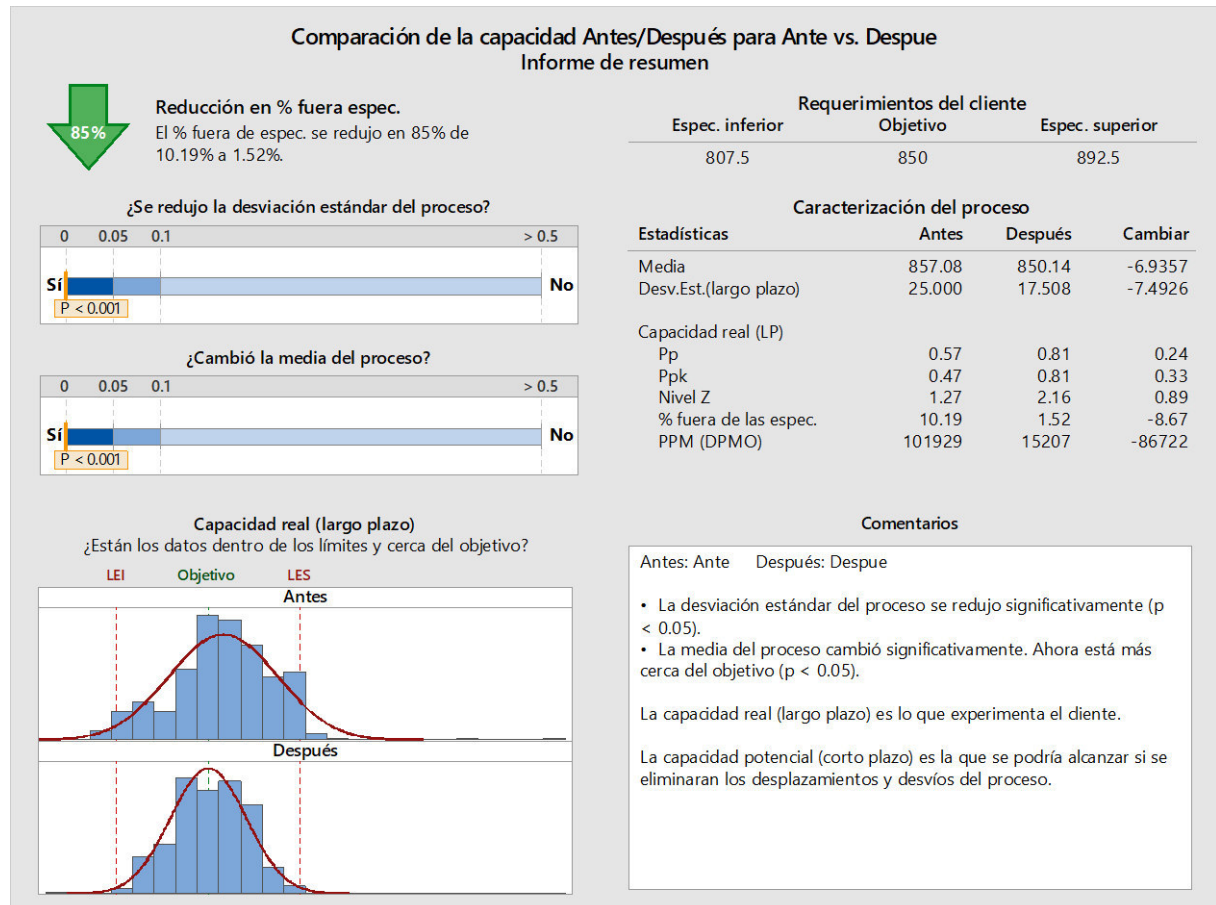


Figura 84: Comparación de la capacidad del denier, antes y después de la implementación

Fuente: Elaboración propia

En la figura 84 se observa que la capacidad del proceso para cumplir con el denier objetivo ha mejorado, los datos están más centrados y tienen menor variación.

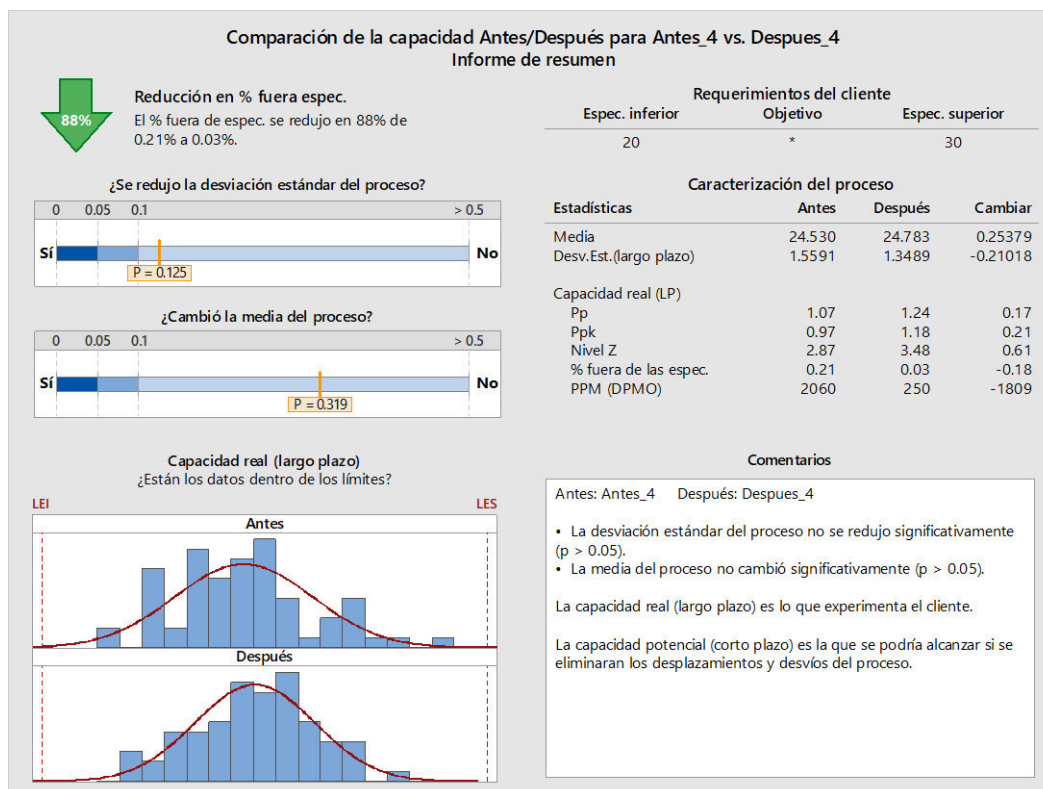


Figura 85: Comparación de la capacidad de la elongación, antes y después de la implementación
Fuente: Elaboración propia

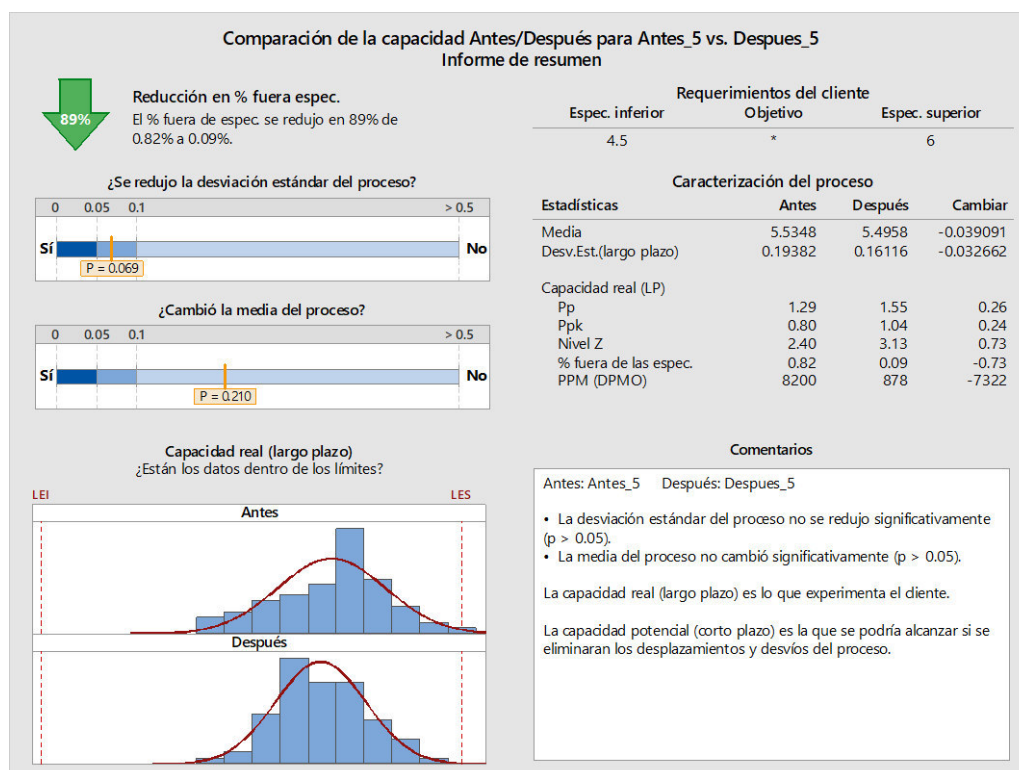


Figura 86: Comparación de la capacidad de la tenacidad, antes y después de la implementación
Fuente: Elaboración propia

c) Axisplast

En las figuras 87, 88 y 89 se muestran el informe de capacidad del proceso respecto al denier, elongación y tenacidad, respectivamente

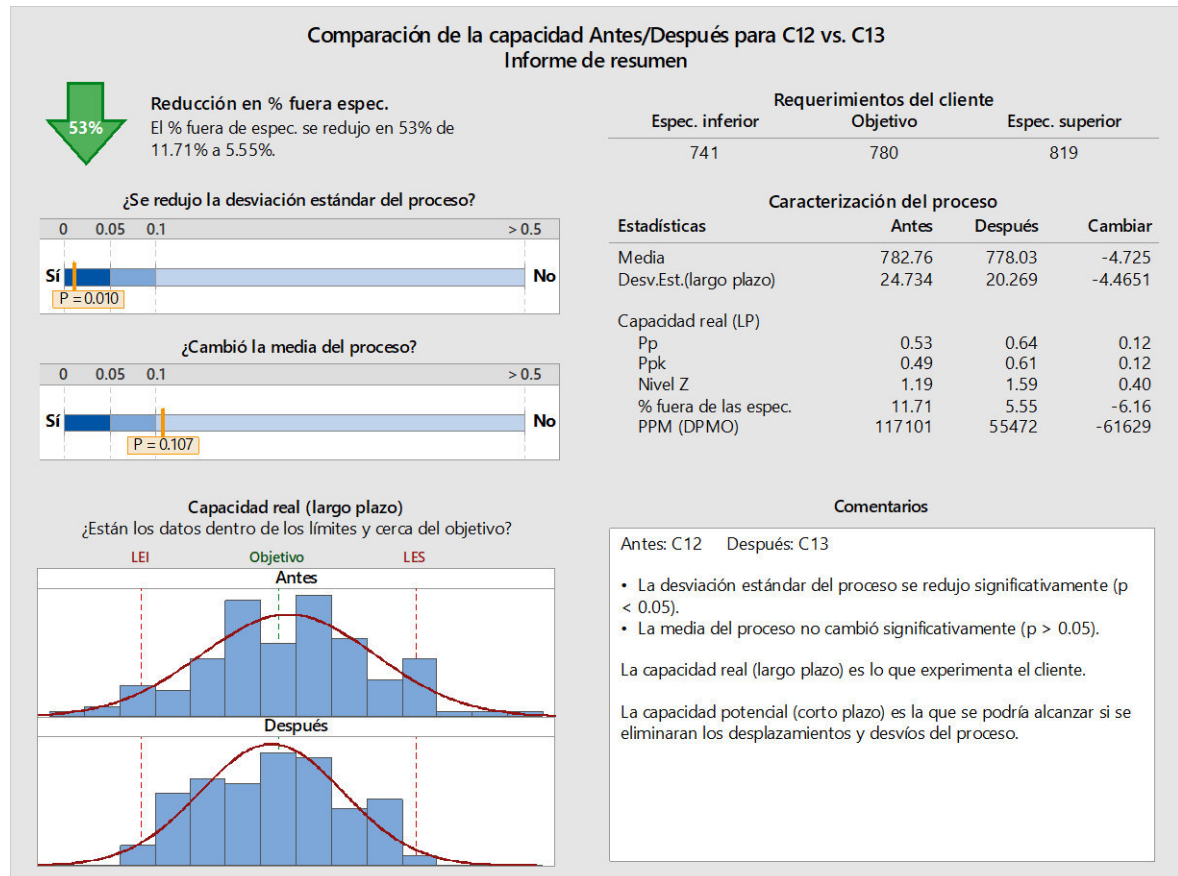


Figura 87: Comparación de la capacidad del denier, antes y después de la implementación
Fuente: Elaboración propia

En la figura 87 se observa que la capacidad del proceso para cumplir con el denier objetivo ha mejorado, los datos están más centrados y tienen menor variación.

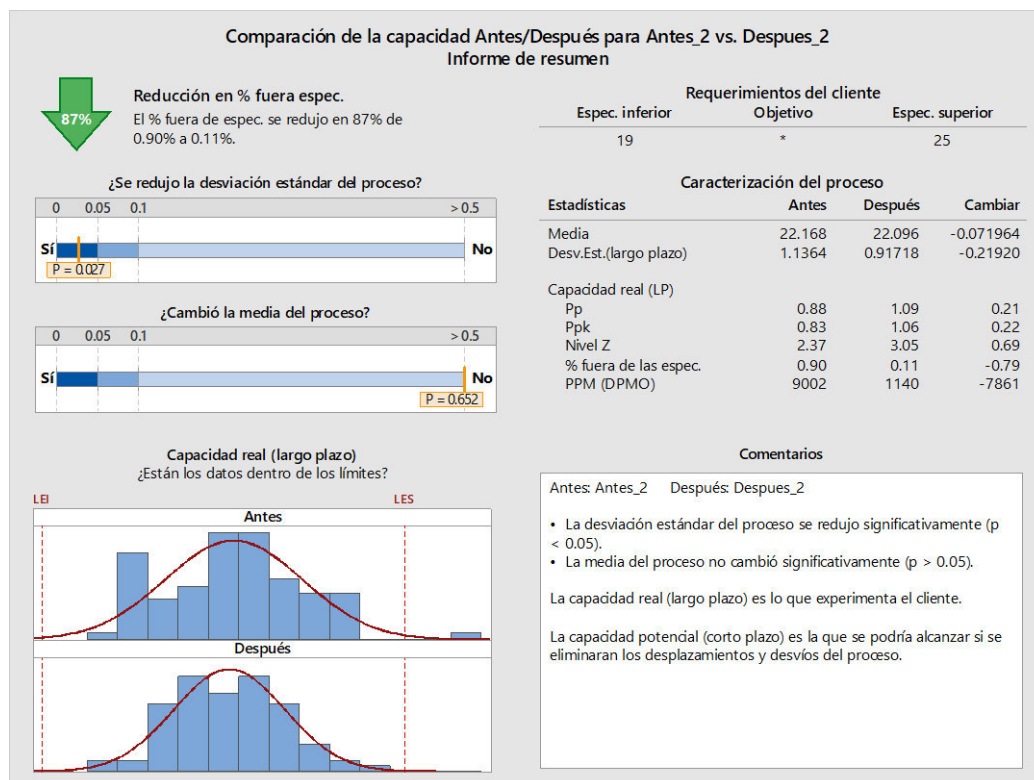


Figura 88: Comparación de la capacidad de la elongación, antes y después de la implementación
Fuente: Elaboración propia

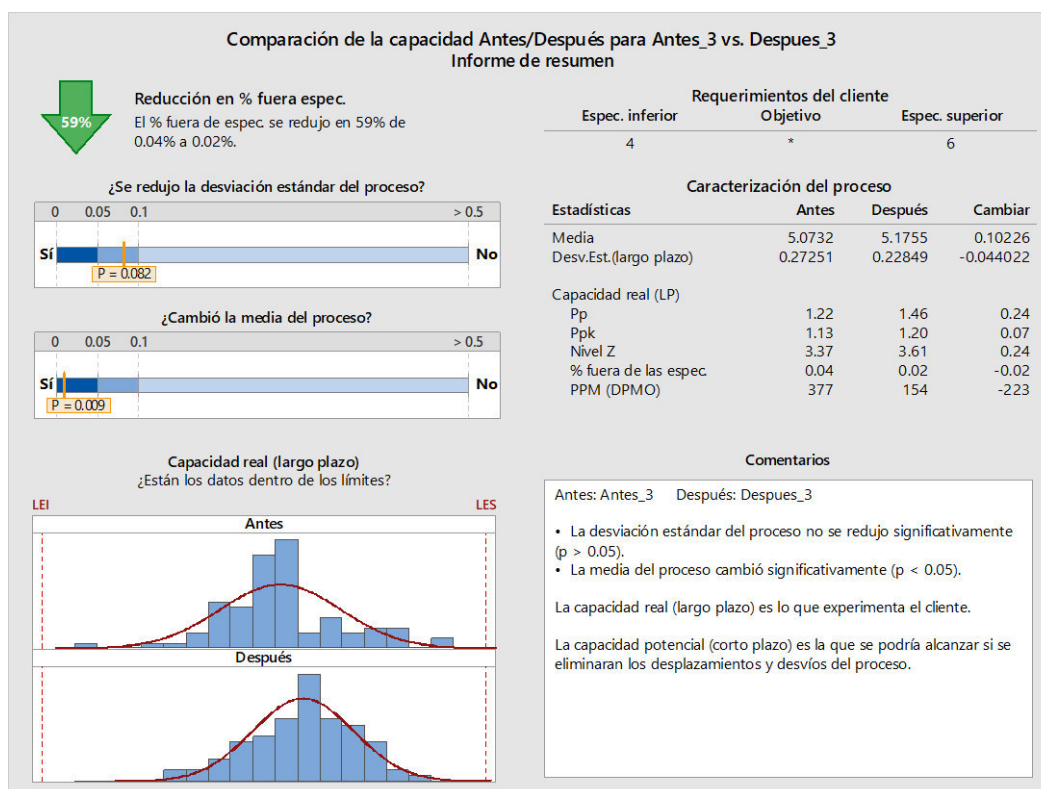


Figura 89: Comparación de la capacidad de la tenacidad, antes y después de la implementación
Fuente: Elaboración propia

Rendimiento y nivel six sigma

Se tomaron los valores de enero a agosto del 2018, no se consideró los meses de febrero a abril, debido que durante estos meses ocurrió incendio en la planta y se tuvo poca producción. En el cuadro 45 se muestra los kilos de rafia producida y merma de scrap generada.

Cuadro 45: Producción de rafia conforme y merma de scrap (rafia no conforme)

Mes	Producción total de rafia (kg)	Merma de scrap extrusión (kg)
Enero	444,642.00	9,349.00
Mayo	497,297.53	8,680.14
Junio	471,527.09	7,332.98
Julio	520,273.96	7,429.89
Agosto	504,110.18	7,010.41
Total	2,437,850.76	39,802.42

Fuente: Elaboración propia

$$DPU = \frac{\text{Merma de scrap extrusión (kg)}}{\text{Producción total rafia (kg)}} = 0.0163$$

Reemplazando en la fórmula de rendimiento, se obtiene:

$$Y = e^{-0.0163} = 0.9838$$

Es decir, la probabilidad de que un kilo de rafia no sea merma de scrap es de 98.38%. Para convertir esto a nivel sigma, utilizamos la función DISTR.NORM.ESTAND.INV de Excel, cuyo valor será el nivel sigma de largo plazo (Z_L), a esto se adiciona 1.5 para obtener el nivel sigma de corto plazo (Z_C).

$$Z_L = \text{DISTR. NORM. ESTAND. INV} (0.9838) = 2.14$$

$$Z_C = Z_L + 1.5 = 3.64$$

Debido a que el nivel sigma a corto plazo asume que las fuentes de variabilidad están controladas, se toma el nivel sigma de largo plazo que es 2.14, por lo tanto, se ha mejorado el nivel sigma del proceso.

4.8.2. Proceso de telares

Se tomaron los datos de ancho y gramaje de los telares.

Gráfica de control

En las figuras 90 y 91 se muestran las gráficas de control, antes y después de la implementación, del ancho y gramaje.

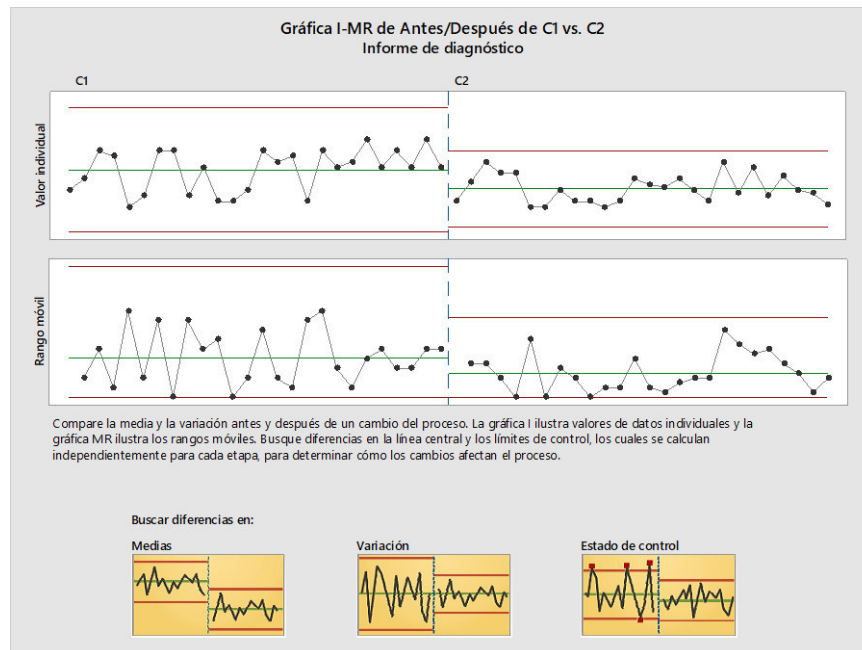


Figura 90: Gráficas de control del ancho, antes y después de la implementación
Fuente: Elaboración propia

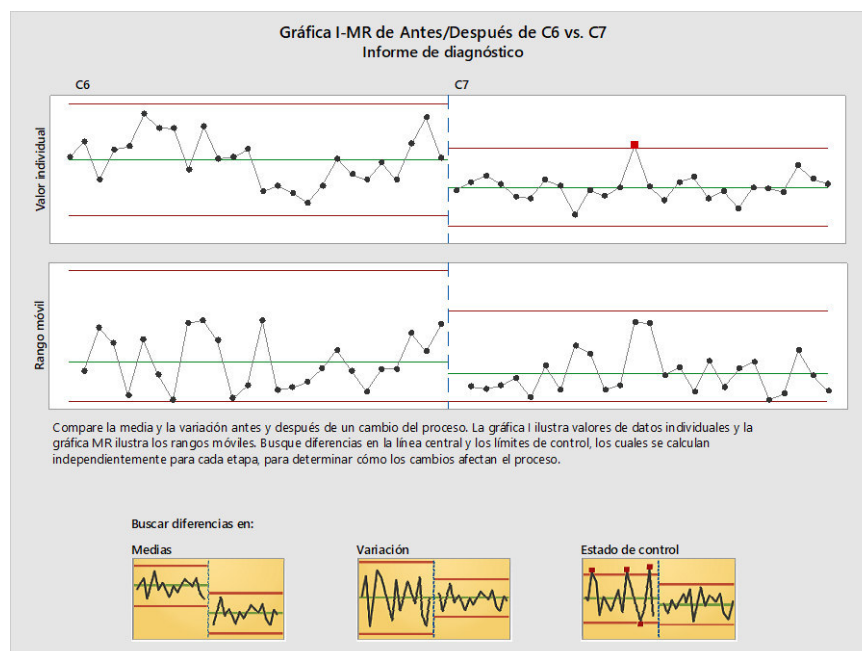


Figura 91: Gráficas de control del gramaje, antes y después de la implementación
Fuente: Elaboración propia

Capacidad de proceso

En las figuras 92 y 93 se muestran el informe de capacidad del proceso respecto al ancho y gramaje, respectivamente.

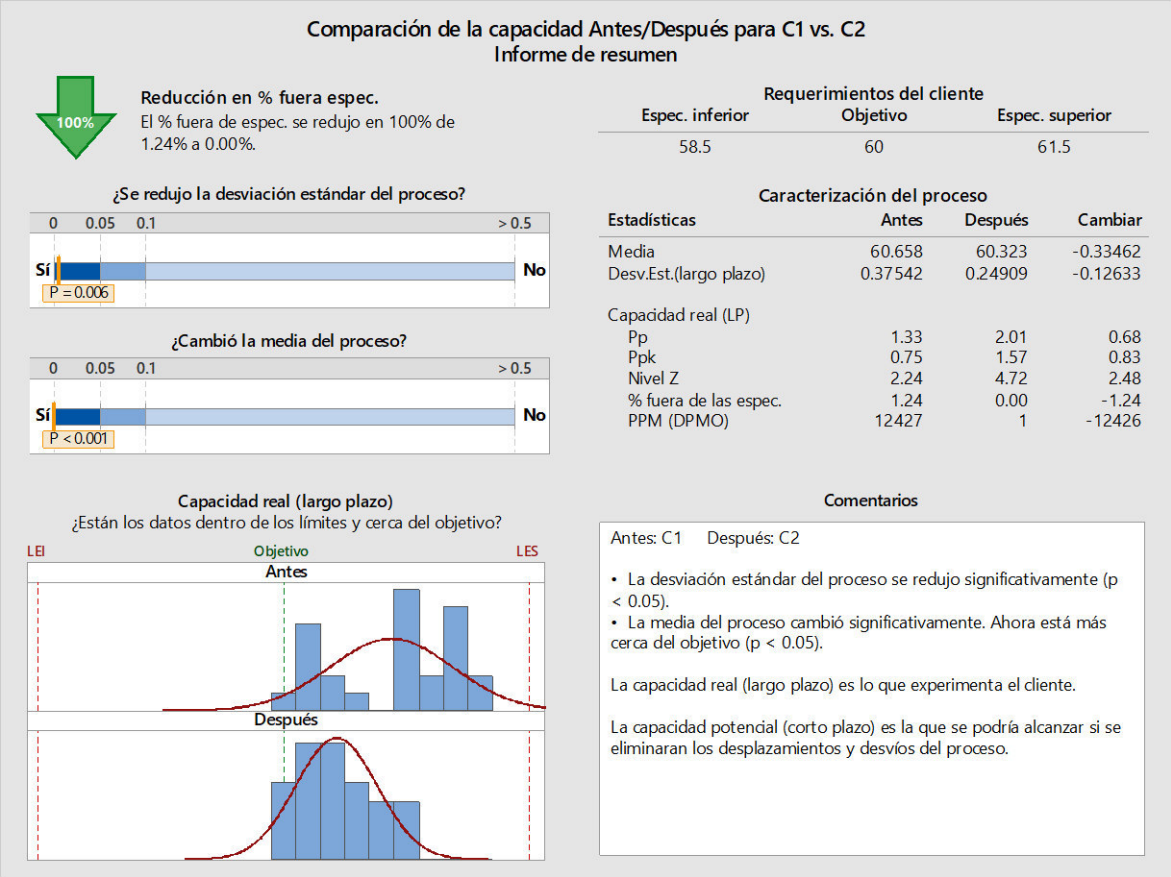


Figura 92: Comparación de la capacidad del ancho, antes y después de la implementación
Fuente: Elaboración propia

En la figura 92 se observa que la capacidad del proceso ha mejorado, los datos del histograma tienen menor amplitud, es decir, su variabilidad ha disminuido (observar el valor de la desviación estándar) y, además, están más cerca al valor objetivo. La capacidad de proceso ha aumentado en 0.68, la media ha mejorado

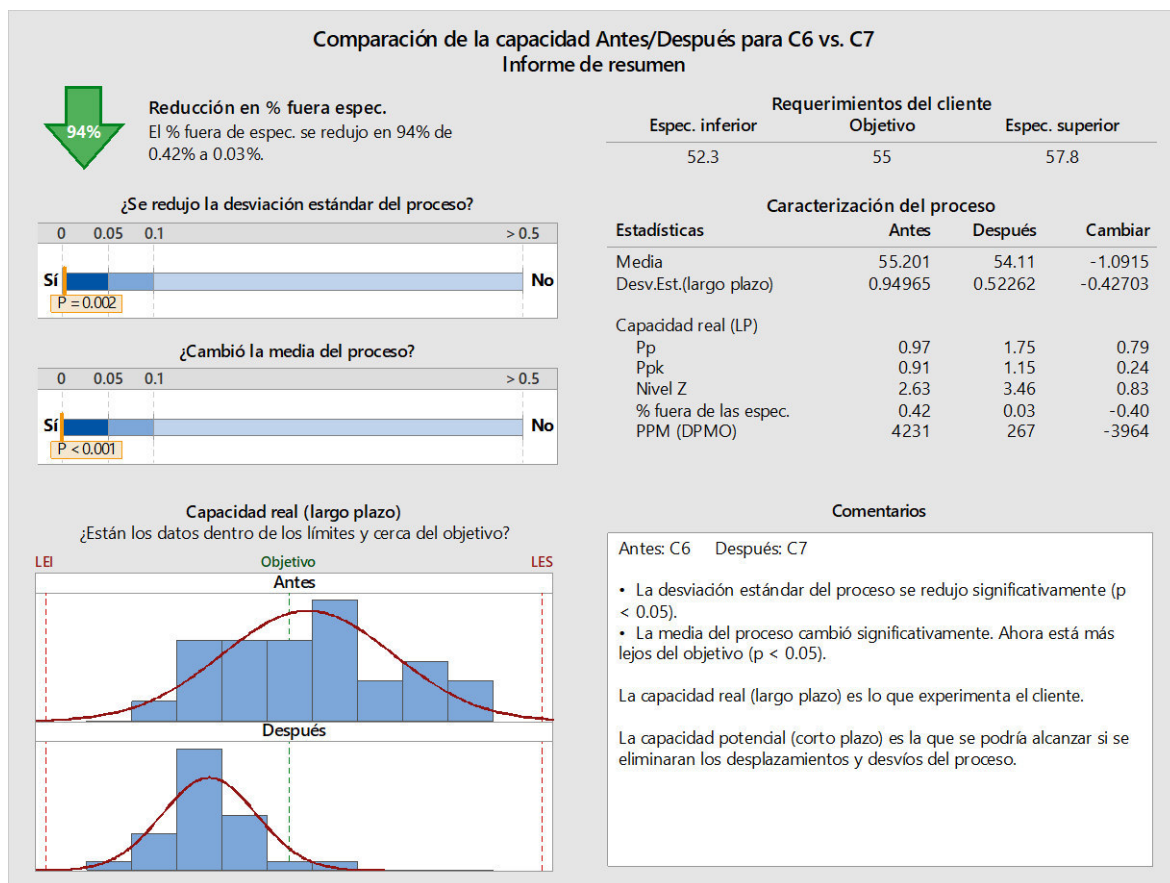


Figura 93: Comparación de la capacidad del gramaje, antes y después de la implementación
Fuente: Elaboración propia

Rendimiento y nivel six sigma

Se tomaron los valores de enero a agosto del 2018, no se consideró los meses de febrero a abril, debido que durante estos meses ocurrió incendio en la planta y se tuvo poca producción. En el cuadro 46 se muestra los kilos de mangas producida y merma de scrap generada.

Cuadro 46: Producción de mangas y merma de scrap en telares

Mes	Producción total de mangas (kg)	Merma de scrap telares (kg)
Enero	391,551.99	8,117.76
Mayo	423,692.32	6,669.62
Junio	419,064.49	7,059.30
Julio	434,547.59	7,234.45
Agosto	430,161.27	7,594.76
Total	1,234,308.80	21,846.68

Fuente: Elaboración propia

$$DPU = \frac{\text{Merma de scrap telares (kg)}}{\text{Producción total mangas (kg)}} = 0.0177$$

Reemplazando en la fórmula de rendimiento, se obtiene:

$$Y = e^{-0.0177} = 0.9825$$

Es decir, la probabilidad de que un kilo de rafia no sea merma de scrap es de 98.25%. Para convertir esto a nivel sigma, utilizamos la función DISTR.NORM.ESTAND.INV de Excel, cuyo valor será el nivel sigma de largo plazo (Z_L), a esto se adiciona 1.5 para obtener el nivel sigma de corto plazo (Z_C).

$$Z_L = \text{DISTR.NORM.ESTAND.INV}(0.9825) = 2.11$$

$$Z_C = Z_L + 1.5 = 3.61$$

Debido a que el nivel sigma a corto plazo asume que las fuentes de variabilidad están controladas, se toma el nivel sigma de largo plazo que es 2.11, por lo tanto, se ha mejorado el nivel sigma del proceso.

4.8.3. Cierre y difusión del proyecto

Se utilizó la metodología Six Sigma como propuesta para reducir el porcentaje de merma de scrap en el proceso de producción de sacos de polipropileno, debido a que este indicador es el mayor aportante de las ineficiencias. Durante el primer semestre del 2017, el promedio de scrap fue de 5.0% (25.8 toneladas), lo que equivale a una pérdida económica de 38,700 \$ mensuales.

Después que se aprobó la aplicación de la metodología Six Sigma en la empresa de estudio, se presentó el despliegue y cronograma del proyecto (ver cuadro 47).

Cuadro 47: Cronograma inicial del proyecto.

Cronograma del proyecto:		<i>Fecha Inicio</i>	<i>Fecha Fin</i>
	<i>Definir</i>	3-Jul	7-Jul
	<i>Medir</i>	10-Jul	19-Jul
	<i>Analizar</i>	20-Jul	31-Jul
	<i>Mejorar</i>	1-Ago	19-Ago
	<i>Controlar</i>	21-Ago	5-Set

Fuente: Elaboración propia

En la etapa de definición se concluyó que la merma de scrap estaba ocasionada por el indicador de merma de scrap, es decir, además de mejorar este indicador, se iba a mejorar sustancialmente el indicador general de ineficiencias.

En la etapa de medición se concluyó que el 85% de la merma de scrap se generaba en los procesos de extrusión y telares; siendo los motivos: lanzada de máquina y proceso (extrusión), y fileteo y limpieza de bobinas (telares). Por ello, al realizar el diagrama de flujo de proceso se identificó que las variables críticas en cada proceso:

Proceso de extrusión: Control del denier, elongación y tenacidad

Proceso de telares: Ancho y gramaje.

Se realizó el estudio de R&R y estabilidad a las variables críticas del proceso, dando como resultado, que el sistema de medición es aceptable y el proceso se encuentra bajo control estadístico. Luego, se realizó una tormenta de ideas para identificar las causas que originan la merma de scrap en los procesos de extrusión y telares, empleando la herramienta de Ishikawa, las cuales eran principalmente la falta de estandarización de parámetros de control de temperatura, desconocimiento del índice de fluidez del polipropileno, desconocimiento de las partes de la máquina y capacitación del operario. Estas acciones de mejora se plasmaron en el AMEF, para priorizar las acciones en un grupo piloto.

Luego, de la implementación de las mejoras en el grupo piloto, se realizó la prueba de hipótesis para confirmar si afectan significativamente a las variables críticas (control de denier, elongación, tenacidad, ancho y gramaje), por ende, a la reducción de la generación de merma de scrap.

En los cuadros 48, 49 y 50 se presentan la media, desviación estándar y Ppk, antes y después de la implementación de las acciones de mejora de las extrusoras Lohia, Starex y Axisplast, respectivamente.

Cuadro 48: Cuadro comparativo de los resultados antes y después de la implementación de las acciones de mejora en la extrusora Lohia.

	Antes de la implementación de la metodología Six Sigma			Después de implementación de la metodología Six Sigma		
	Denier	Elongación	Tenacidad	Denier	Elongación	Tenacidad
Media	859	23.5	5.2	858	24.5	5.1
Desv. Están.	42.42	1.49	0.35	25.60	1.53	0.23
Ppk	0.26	0.79	0.55	0.45	0.99	0.83

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 49: Cuadro comparativo de los resultados antes y después de la implementación de las acciones de mejora en la extrusora Starex.

	Antes de la implementación de la metodología Six Sigma			Después de implementación de la metodología Six Sigma		
	Denier	Elongación	Tenacidad	Denier	Elongación	Tenacidad
Media	857	24.5	5.5	850	24.8	5.5
Desv. Están.	25.00	1.56	0.19	17.51	1.35	0.16
Ppk	0.47	0.97	0.80	0.81	1.18	1.04

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 50: Cuadro comparativo de los resultados antes y después de la implementación de las acciones de mejora en la extrusora Axisplast.

	Antes de la implementación de la metodología Six Sigma			Después de implementación de la metodología Six Sigma		
	Denier	Elongación	Tenacidad	Denier	Elongación	Tenacidad
Media	783	22.2	5.1	778	22.1	5.2
Desv. Están.	24.73	1.14	0.27	20.27	0.92	0.23
Ppk	0.49	0.83	1.13	0.61	1.06	1.20

Fuente: Elaboración propia

Al comparar los resultados de los cuadros 45, 46 y 47, se obtiene:

- Las medias de los denieres están más centrado al objetivo (Lohia: 850, Starex: 850 y Axisplast:780).
- La desviación estándar después de la implementación de las acciones de mejora es menor, por lo tanto, hay menor variabilidad.
- La capacidad del proceso ha mejorado después de la implementación de las acciones de mejora.

En el cuadro 51 se presentan la media, desviación estándar y Ppk, antes y después de la implementación de las acciones de mejora de los telares.

Cuadro 51: Cuadro comparativo de los resultados antes y después de la implementación de las acciones de mejora en el proceso de telares.

	Antes de la implementación Six Sigma		Después de implementación Six Sigma	
	Ancho	Gramaje	Ancho	Gramaje
Media	60.7	55.2	60.3	54.1
Desv. Están.	0.38	0.95	0.25	0.52
Ppk	0.75	0.91	1.57	1.15

Fuente: Elaboración propia

Al comparar los resultados del cuadro 48, se obtiene:

- Las medias del ancho y gramaje están más centrado al objetivo (ancho: 60 y gramaje: 55).
- La desviación estándar después de la implementación de las acciones de mejora es menor, por lo tanto, hay menor variabilidad.
- La capacidad del proceso ha mejorado después de la implementación de las acciones de mejora.

A continuación, en el cuadro 52 se presentan los resultados del rendimiento del proceso y el nivel sigma del proceso de extrusión y telares.

Cuadro 52: Cuadro comparativo del rendimiento y nivel sigma del proceso de extrusión y telares.

	Antes de la implementación Six Sigma		Después de implementación Six Sigma	
	Extrusión	Telares	Extrusión	Telares
Rendimiento (Y)	98.28%	97.61	98.38%	98.25%
Nivel Sigma	2.12	1.98	2.14	2.11

Fuente: Elaboración propia

Al comparar los resultados del cuadro 49, se obtiene:

- El rendimiento de los procesos de telares mejoró notablemente, en comparación al proceso de extrusión.
- El nivel sigma del proceso de telares mejoró notablemente, en comparación al proceso de extrusión.

En las figuras 94 y 95 se presentan los indicadores de ineficiencias hasta agosto del 2018:

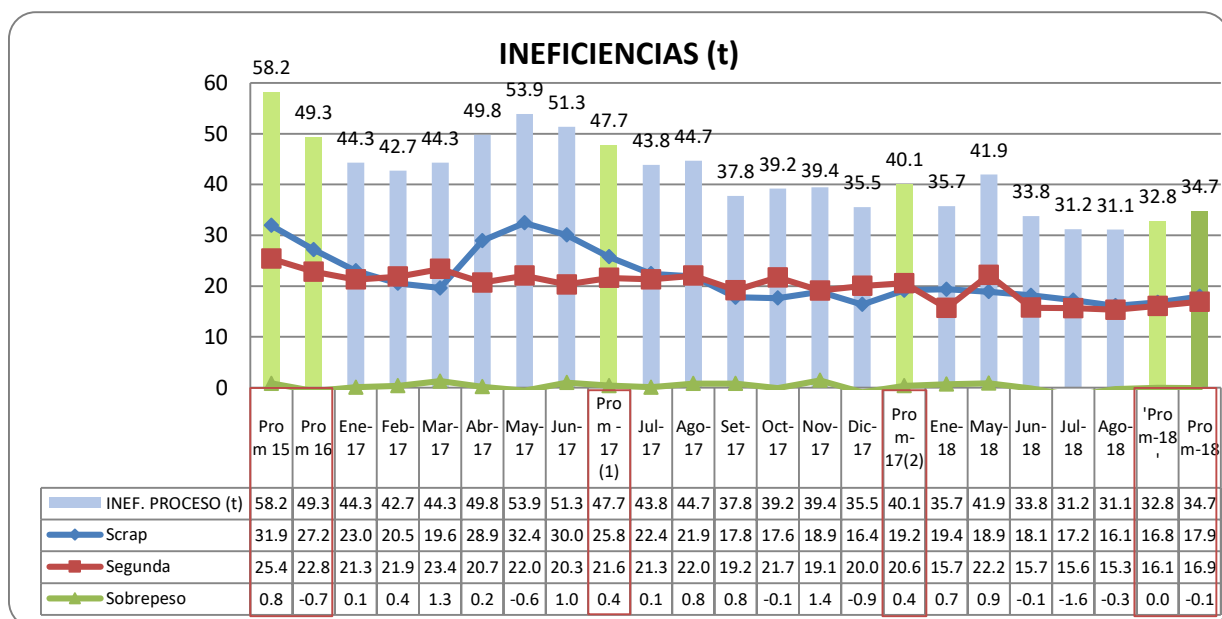


Figura 94: Ineficiencias (toneladas) del 2015 al 2018

Fuente: Elaboración propia

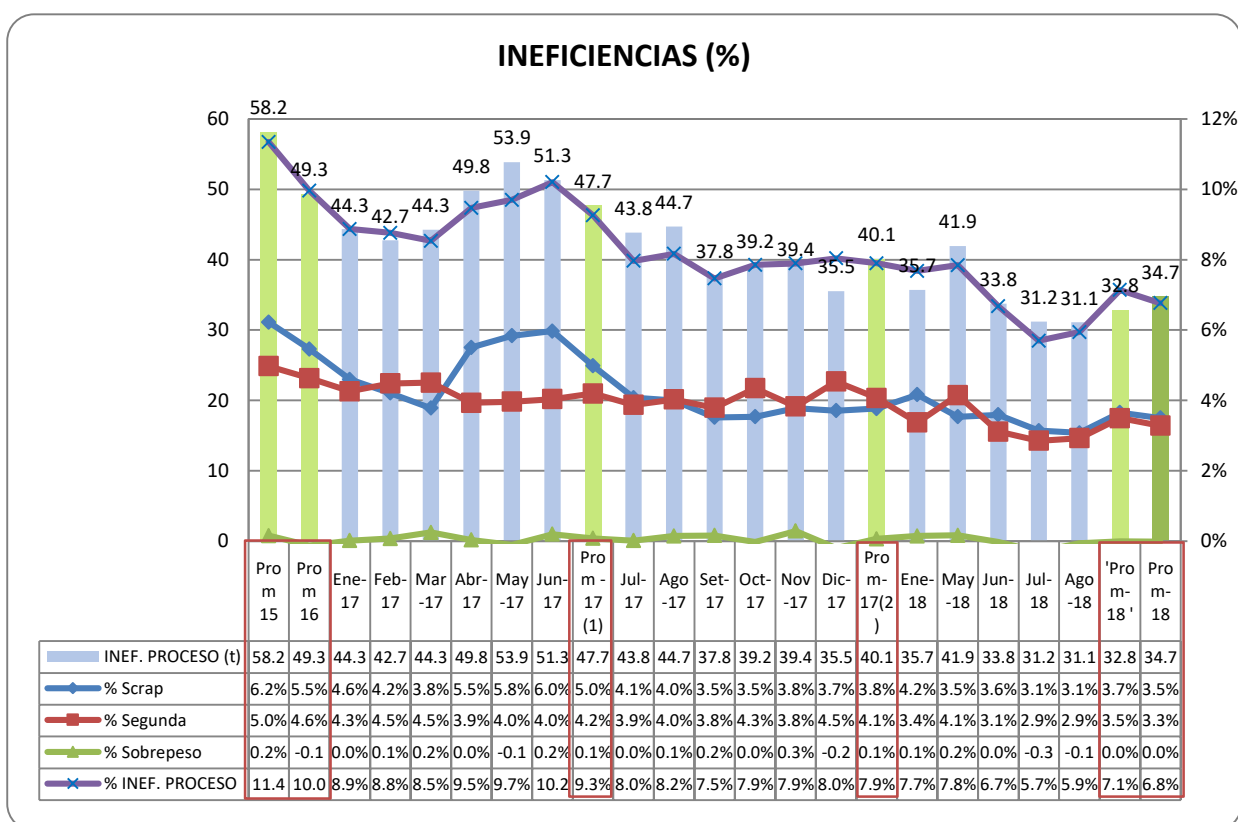


Figura 95: Ineficiencias (porcentaje) del 2015 al 2018

Fuente: Elaboración propia

De la figura 95, se observa que el porcentaje de merma de scrap total, en el segundo semestre de 2017 [Prom-17(2)] es 3.8%, es decir, se redujo en 1.2%, cercano a la meta planteada en el project charter (3.5%, ver cuadro 5), esto equivale un ahorro de 59,295 \$ en el segundo semestre 2017, si se proyecta anualmente se obtendría un ahorro de 118 mil dólares (valor superado en el project charter).

En el 2018, la empresa en estudio tuvo un incendio por sobrecalentamiento de la sub estación de energía, a finales del mes de febrero, ocasionando parada hasta la mitad del mes de marzo, y en el mes de abril se realizó trabajo fuera de los estándares por lo que, para el análisis comparativo, no se tomó los datos del mes de febrero, marzo y abril. El evaluar el promedio del 2018, incluyendo los meses de febrero, marzo y abril, se obtuvo un % de merma de scrap de 3.7% ('Prom-18') y si no consideramos los meses atípicos, se obtiene una merma de 3.5% (Prom-18). Por lo tanto, es otra prueba que las acciones de mejora son sostenibles ante cualquier cambio.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En la primera fase de la metodología DMAIC (definir), se obtuvo que el indicador de merma de scrap tenía una correlación positiva muy alta ($R^2=0.9455$), es decir 94.55% con el indicador de ineficiencia, por lo tanto, al disminuir la merma de scrap, se reduciría la ineficiencia total del proceso.
- En la segunda fase (medir) se concluyó que el 85% de la merma de scrap se generaba en los procesos de extrusión y telares; luego, al aplicar la herramienta de Pareto se identificó el 80% de esta merma era por: lanzada de extrusoras, proceso de extrusión (roturas de cintas), limpieza de bobinas defectuosas en telares y fileteo (rafia restante que queda en la canilla, luego de su uso en telares).
- Otro resultado de la segunda fase, fue que se validó que el sistema de medición, de las variables críticas del proceso de extrusión (denier, elongación y tenacidad) y del proceso de telares (ancho y gramaje), son aceptables; debido a que el %Var.estudio fue menor a 30% (valor máximo aceptado) y los números de categorías distintas eran mayor a 5 (valor mínimo aceptado); y que los procesos de extrusión y telares se encuentran bajo control estadístico mediante las gráficas de control.
- En la tercera fase (analizar), se verificó, mediante prueba de hipótesis, que al tener mayor control de las variables críticas del proceso de extrusión (denier, elongación y tenacidad) y telares (ancho y gramaje) se reduce la variabilidad del proceso. Entre las principales acciones de mejora fue la elaboración de las Especificaciones técnicas de los perfiles de temperatura (parámetros de control del proceso) por cada extrusora, elaboración de instructivos y cartillas específicas del proceso, y capacitación al personal.

- En la cuarta fase (mejorar) se obtuvo como el Nivel de Prioridad de Riesgo total (NPR) del proceso de extrusión disminuyó en 80% (de 14,161 a 2,505) y el proceso de telares disminuyó en 70% (de 9,552 a 2,875), en ambos casos se redujo los riesgos de ocurrencia de las fallas en cada proceso.
- En la última fase (controlar) se obtuvo como resultado, del proceso de extrusión, el rendimiento mejoró en 0.10% y nivel sigma en 0.02; y del proceso de telares, el rendimiento mejoró 0.64% y nivel sigma 0.13. Y principalmente se disminuyó el porcentaje de merma de scrap, de 5% hasta 3.8%, logrando un ahorro más de 100 mil dólares anuales.

5.2. Recomendaciones

- Establecer un plan de comunicación sobre los resultados obtenidos del proyecto Six Sigma, a las demás áreas, para incentivar la mejora continua de los demás procesos (calidad, almacén, planeamiento, entre otras).
- Es necesario crear un nuevo equipo Six Sigma para mejorar el indicador de segunda, ya que es el segundo indicador que afecta a la ineficiencia.
- Analizar las causas raíz por cada máquina, si es posible, crear un proyecto de mejora para cada uno.
- El área de mantenimiento debe establecer un plan de Mantenimiento cero para todos los telares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcalde, SM. P. (2ª ed.). (2010). *Calidad*. Madrid, España: Paraninfo.
- Ahmed, A. A. J., Mustafa, A. H. M. y Abdallah, J. M. J. (2017). *Lean Six Sigma for Productivity Improvements* (Doctoral dissertation). Recuperado de <http://repository.sustech.edu/handle/123456789/9171/browse?value=Lean+Six+Sigma+for+Productivity+Improvements&type=subject>.
- ASTM D1238-13, Standard Test Method for Melt Flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013. Recuperado de www.astm.org.
- Bernal, C. A. (3ª ed.). (2010). *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Bogotá, Colombia: Pearson
- Best, J. W. (1998). *Como investigar en educación*. España: Morata.
- Besterfeld, D. H. (8va ed.). (2009). *Control de calidad*. México: Pearson.
- Carro, P. R. y Gonzáles, G. D. (2012). *Control Estadístico de Procesos*. Buenos Aires, Argentina: EUDEM.
- Chase, B. R., Jacobs, F. R. y Aquilano, J. N. (12ª ed.). (2009). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros*. México: McGraw-Hill.
- Delgado, L. E. (2015). *Propuesta de un plan para la reducción de la merma utilizando la metodología six sigma en una planta de productos plásticos* (tesis de maestría). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/6810>.
- Escalante, V. E. (2ª ed.). (2016). *Seis-Sigma: Metodología y técnicas*. México: Limusa.

Evans, J. R., Lindsay, W. M. (7ª ed.). (2008). *Administración y control de la calidad*. México: Cengage Learning.

Forrest, W. B. (2ª ed.). (2003). *Implementing six sigma: smarter solutions using statistical methods*. New Jersey, USA: John Wiley & Sons.

Gutierrez, P. H. y De la Vara, S. R (3ª ed.). (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. México: McGraw-Hill.

Hahn, G. J., Hill, W. J., Hoerl, R. W. y Zinkgraf, S. A (1999) The impact of Six Sigma improvement – A glimpse into the future of statistics. *The American Statistician*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/279939917_The_impact_of_Six_Sigma_Improvement-a_glimpse_into_the_future_of_statistics.

Harry, M. Ph. y Schroeder, R. (2000). *Six Sigma: The breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations*. New York: Random House Inc.

Harry, M., Mann, P.S., de Hodgins, O.C., Hulbert, R.L. y Lacke, C.J. (2010). *Practioner's Guide for Statics and Lean Six sigma for Process Improvements*. Wiley, New Jersey.

Instituto Nacional de Estadística e Informática – Dirección Nacional de Cuentas Nacionales. (2010). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme: De todas las actividades económicas (Rev. 4)*. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0883/Libro.pdf.

Juan, V. P., Mateu, M. J., Sagasta, P. S. y Sirvent P. R. (2006). *Manual de control estadístico de calidad: teoría y aplicaciones*. Recuperado de

<https://www.google.com.pe/search?hl=es&tbo=p&tbm=bks&q=isbn:8480215038>.

Justia Trademarks (2013). Six Sigma – Detalles de la marca comercial.

Recuperado de <https://trademarks.justia.com/741/99/six-74199225.html>.

Krajewski, L., Ritzman, L. y Malhotra M. (2008). *Administración de operaciones: procesos y cadenas de valor*. Mexico: Pearson Educación.

“Lean Solutions” (2017). *¿Qué es Six Sigma?* Recuperado de <http://www.leansolutions.co/conceptos/que-es-six-sigma/>.

Lowe, J. (1998). *Jack Welch speak*. New Jersey, USA: John Wiley & Sons.

Martínez, C. M. (2012). *Implementación de la metodología Six Sigma para la reducción de merma de PVC y PET en el proceso de sellado de blíster con tarjeta* (tesis de grado). Recuperado de <https://repositorio.itesm.mx/handle/11285/628621?locale-attribute=es>.

Morales, M. E. (2010). *Introducción a la ciencia y tecnología de los plásticos*. México: Trillas.

Moscoso, Ch. J. y Yalan, R. A. (2015). *Mejora de la calidad en el proceso de fabricación de plásticos flexibles utilizando Six Sigma* (tesis de grado).

Recuperado de

<http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/usmp/1471>.

Navarro, F. N. (2016). La gestión de la calidad total. Recuperado 15 noviembre, 2017, de <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/la-gestion-de-la-calidad-total-tqm/>.

- Ñaupas, P. H., Mejía, M. E., Novoa, R. E. y Villagómez, P. A. (4ª ed.). (2014). *Metodología de la investigación: Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Pande, P. S. y Holpp, L. (2002). *¿Qué es Seis Sigma?*. España: McGraw-Hill Profesional
- Paz, R. J. (2016). *Estudio de pre-factibilidad sobre la implementación de la metodología Lean Six Sigma para la mejora del proceso de fabricación de zunchos de polipropileno en una empresa del rubro de embalaje* (tesis de grado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- “Quality Digest” (2017, abril). Six Sigma pionner Mikel Harry diez at 65: His influence on the methodology can’t be denied. *QualityDigest*. Recuperado de <https://www.qualitydigest.com/inside/six-sigma-news/six-sigma-pioneer-mikel-harry-dies-65-042617.html>.
- Reglamento de la Ley del Impuesto a la Renta (Decreto Supremo N° 122-94-EF) (19 de setiembre de 1994). *Ministerio de Economía y Finanzas*.
- Socconini, L. (2ª ed.). (2016). *Certificación Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios*. México: Alfaomega.
- Tennat, G. (2001). *Six Sigma: SPC and TQM in Manufacturing and Services*. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=O6276jidG3lC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
- Valderrey, S. P. (2011). *Seis Sigma: Fundamentos, fases y herramientas*. España: Starbook Editorial.

Zúñiga, R. P. (15 de junio de 2018). Rating de los padres del Six Sigma [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://pablozunigarodriguez.wordpress.com/2017/06/15/rating-de-los-padres-del-six-sigma/>.

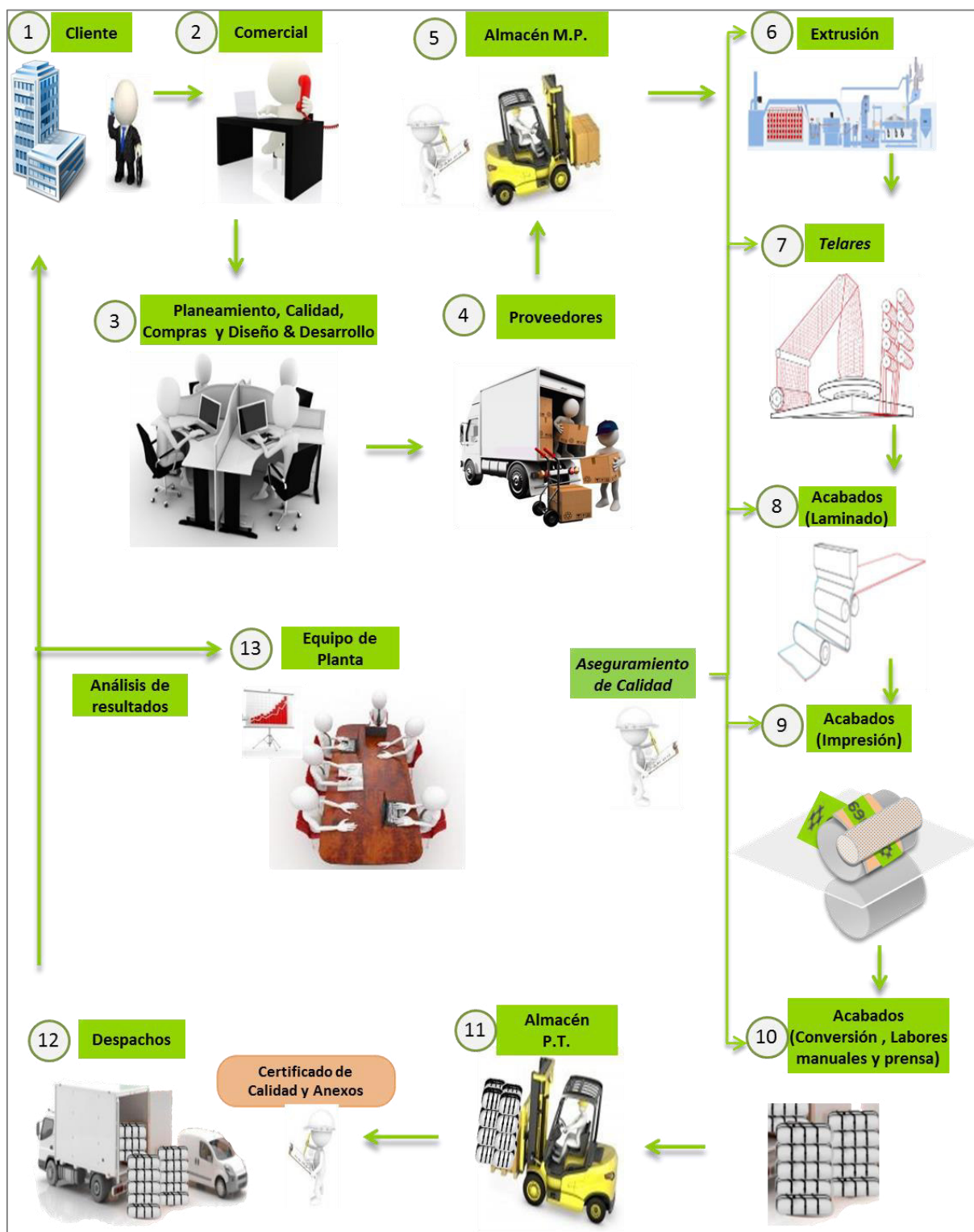
ANEXOS

Anexo N° 1. Matriz de consistencia

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA REDUCIR LA MERMA DE SCRAP EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE SACOS DE POLIPROPILENO						
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Operacionalización de Variables		
				Indicadores	Metodología	
¿La aplicación de la metodología Six Sigma reducirá la merma de scrap en el proceso de fabricación de sacos de polipropileno?	Aplicar la metodología Six Sigma para reducir la merma de scrap en el proceso de fabricación de sacos de polipropileno.	La aplicación de la metodología Six Sigma reduce la merma de scrap en el proceso de fabricación de sacos de polipropileno.	Variable Independiente: Metodología Six Sigma	% Merma de scrap = $\frac{\text{scrap}(t)}{[\text{Producción total}(t) + \text{carga de lámina}(t) + \text{scrap extrusión y laminado}(t) + \text{chancaca}(t)]}$	Tipo de investigación: Investigación aplicada (resolver el problema de la empresa "generación de merma")	
			Variable Dependiente: Proceso de fabricación de sacos de polipropileno			
Problemas Específicos ¿La metodología DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar) reducirá la merma de scrap en el proceso de extrusión del proceso de fabricación de sacos de polipropileno?	Objetivos Específicos Aplicar la metodología DMAIC para reducir la merma de scrap en el proceso de extrusión del proceso de fabricación de sacos de polipropileno.	Hipótesis Específicas La aplicación de la metodología DMAIC reduce la merma de scrap en el proceso de extrusión del proceso de fabricación de sacos de polipropileno.	Variable Independiente: Metodología DMAIC Variable dependiente: Merma scrap en el proceso de extrusión	Indicadores % scrap extrusión % scrap telares OEE = Calidad * Eficiencia * Disponibilidad de máquina Rendimiento (Y) = $e^{\wedge} \text{DUP}$	Nivel: Investigación descriptiva-explicativo (medirá si existe relación entre la variable independiente -Six Sigma- y la variables dependiente - merma)	
					Diseño: Diseño experimental, manipulación de una variable para afectar a la variable de estudio.	
					Justificación de la investigación: Práctica	
¿La metodología DMAIC reducirá la merma de scrap en el proceso de telares del proceso de fabricación de sacos de polipropileno?	Aplicar la metodología DMAIC para reducir la merma de scrap en el proceso de telares del proceso de fabricación de sacos de polipropileno	La aplicación de la metodología DMAIC reduce la merma de scrap en el proceso de telares del proceso de fabricación de sacos de polipropileno.	Variable Independiente: Metodología DMAIC	Nivel sigma = $\frac{\text{DISTR.NORM. ESTAND. INV}(Y)}{6 \sigma}$	Capacidad de Proceso (Cp)= $\frac{\text{Rango (LES-LEI)}}{6 \sigma}$	
			Variable dependiente: Merma scrap en el proceso de telares			

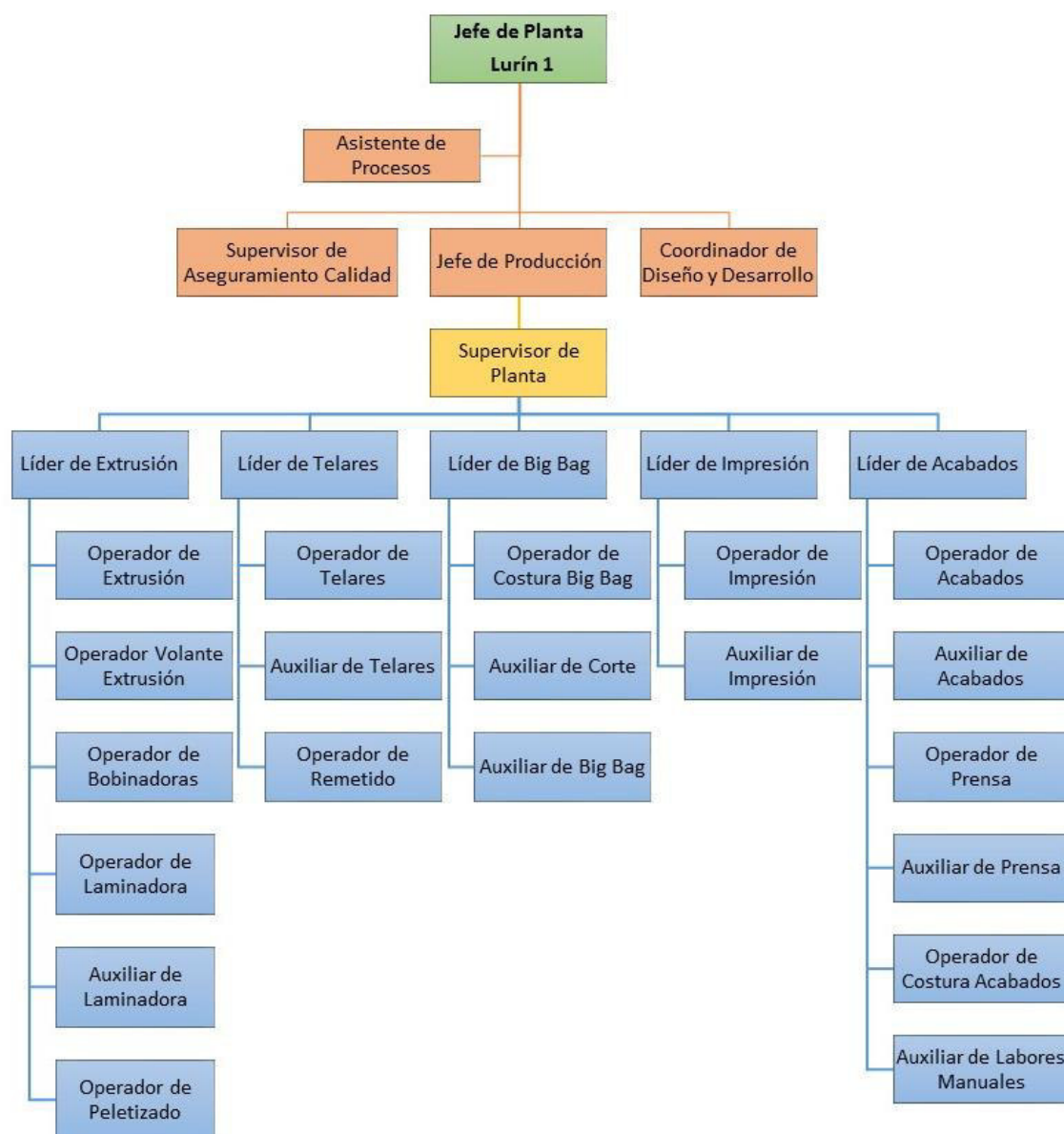
Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 2. Flujo de actividades generales desde la recepción del pedido hasta la entrega del mismo al cliente



Fuente: Elaboración propia

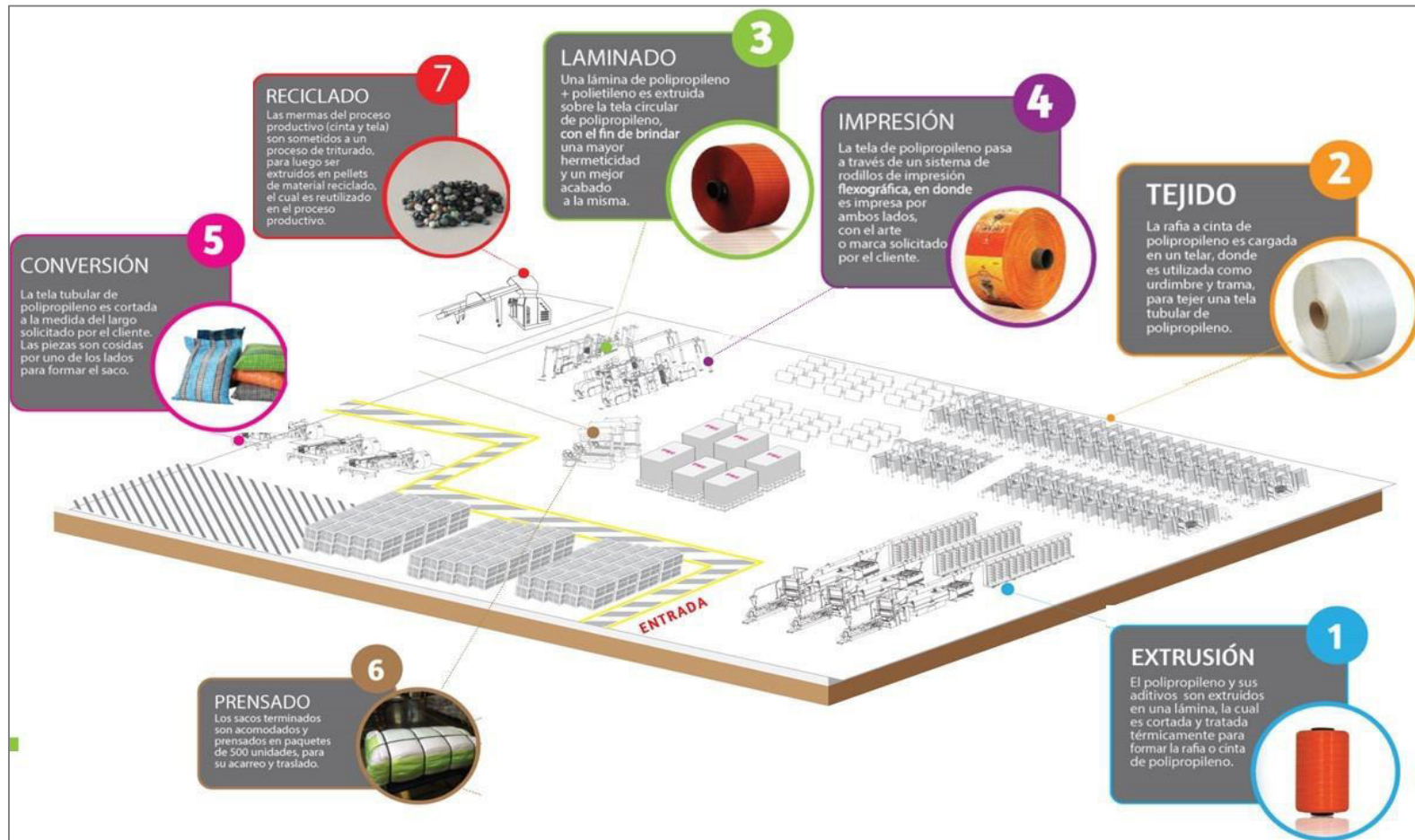
Anexo N° 3. Organigrama de la Planta Lurín 1



Fuente: La empresa

Anexo N° 4. Distribución de Planta Lurín1

El área del proceso de extrusión es el cuadro 1, proceso de telares es 2, proceso de acabados son 3, 4, 5 y 6; y peletizado es 7.



Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 5. Fotos del programa “Aprende con La Empresa”



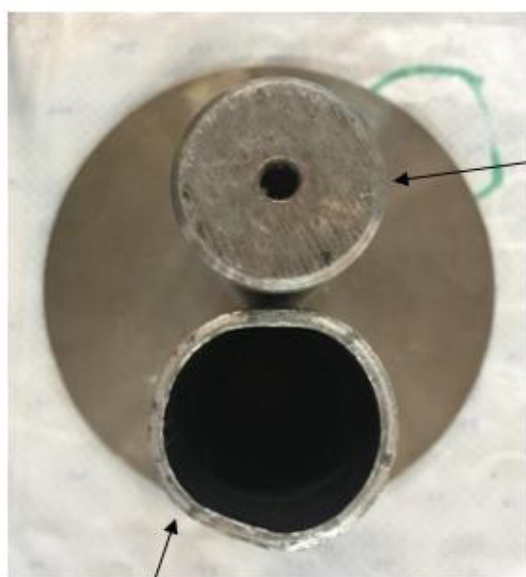
Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 6. Disponibilidad de documentos del proceso en parante metálico



Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 7. Molde metálico para comparación de canillas



Molde
referencial

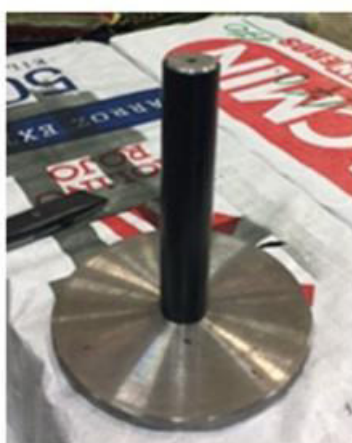
Canilla defectuosa



Molde referencial

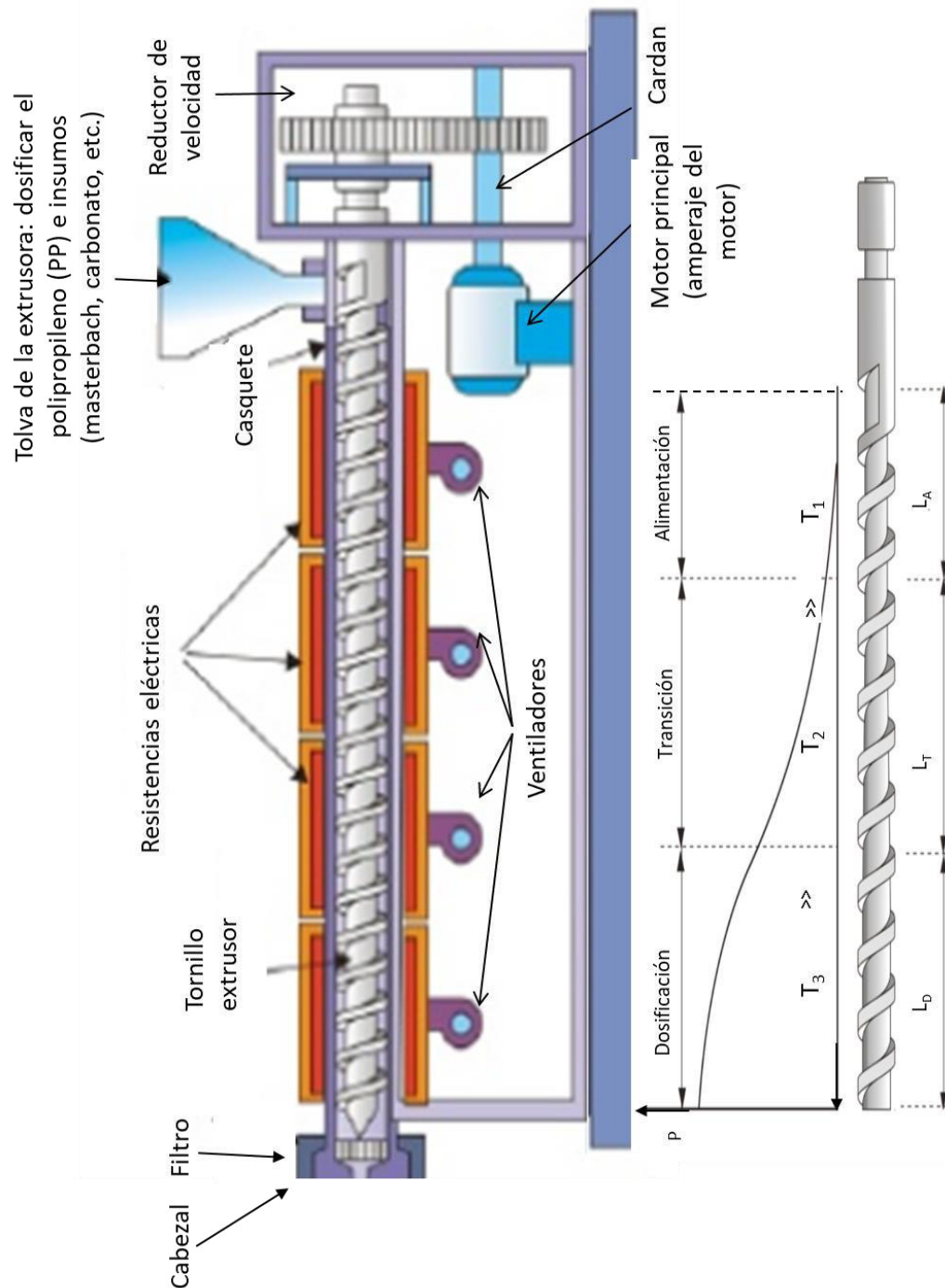


Canilla defectuosa



Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 8. Partes principales de la extrusora, desde que ingresa la mezcla hasta que sale la mezcla fundida por el cabezal.



Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 9. Hoja técnica de materia prima proporcionado por el proveedor
(ejemplo: polipropileno Petroquim – código PH 0322)



PH 0322
PP HOMOPOLÍMERO

PROCESO: EXTRUSIÓN RAFIA

Indicado para procesos de extrusión de rafia de alta velocidad. Presenta buena procesabilidad y productividad, tanto en extrusión como en telares. Posee un excelente desempeño en procesos de tejeduría, minimizando la formación de polvo y pelusas.

Aplicaciones: Sacos, Big – bags, Baños para alfombras, Bases para césped artificial



RECOMENDACIONES DE PROCESAMIENTO

EXTRUSION RAFIA

Proceso matriz plana:
Alimentación 180 °C
Tornillo 230 a 250 °C
Filtro 210 a 240 °C
Adaptador 265 °C
Matriz 260 °C

PROPIEDADES

PROPIEDADES TÍPICAS	ENSAYOS ASTM	UNIDADES	VALOR
Índice de Fluidez 2,16 kg/230 °C	D-1238/95	g/10 min	3,6
Temperatura de Ablandamiento VICAT (1 kg)	D-1525/97	°C	156
Temperatura de Deformación Térmica – HDT (455 kPa)	D-648/97	°C	90
Resistencia al Impacto IZOD a 23 °C	D-256/93	J/m	58
Resistencia a la Tracción (en el punto de fluencia)	D-638/97	MPa	35
Elongación (en el punto de fluencia)	D-638/97	%	12
Módulo de Elasticidad en Flexión	D-790/97	MPa	1.500

La Densidad de todos los grados de polipropileno producidos por Petroquim S.A. se encuentran en el rango de 0,905 +/- 0,005 g/cc

CONSIDERACIONES ESPECIALES:

1. Este polímero cumple con las especificaciones del FDA (Food and Drug Administration), de acuerdo con el Code of Regulations Title 21, Part 177-1520. Por lo tanto, puede ser utilizado en embalajes que tengan contacto con alimentos. Los respectivos certificados FDA de cada producto se encuentran disponibles en www.petroquim.cl. Adicionalmente cumple con Reglamento (UE) N°10/2011 y Normativa del Mercosur GMC-RES. N° 50/01.
2. Los datos listados corresponden a valores típicos medidos en nuestro laboratorio, y deben ser entendidos sólo como una guía en la selección y procesamiento de la resina. Por este motivo, antes de utilizar cualquier material producido por Petroquim S.A., se recomienda a cada usuario realizar, con el apoyo de nuestros técnicos especializados, las pruebas necesarias para determinar que dicho producto es adecuado para el uso previsto.
3. Los usuarios deben asegurarse también que pueden usar los productos Petroquim con las medidas legales y de seguridad necesaria (la ficha de seguridad se encuentra disponible en nuestra página web www.petroquim.cl).
4. Petroquim S.A., declina de toda responsabilidad que pueda surgir del mal uso directo o indirecto de esta información.
5. Los valores entregados anteriormente pueden ser modificados sin previa comunicación.
6. Esta versión anula y reemplaza a las ediciones anteriores.



Fuente: La empresa